Niveau(x) d'enseignement: 4 Numéro EDUQ : 8170267
Centre d'intérêt: 90

Desautels, Jacques, 1943- .

Etude expérimentale comparative des principaux procédés pédagogiques utilisés dans l'enseignement de la physique au Québec / Jacques Desautels, Renald Legendre ; [pour l'] Institut de recherche pédagogique, Ministère de l'éducation du Québec. -- [Québec] : L'Institut, 1971.

xii, 193 p. : graph. ; 28 cm.

Notes bibliographiques au bas des p.

Cote Dewey: 530.0712'714/D442e Cote LC: QC/30

Descripteur(s): *Physique *Méthode d'enseignement *Evaluation de l'enseignement *Rendement scolaire *Secondaire (Niveau)

Identificateur(s) de nom: *DGL (Méthode) *PSSC (Méthode)

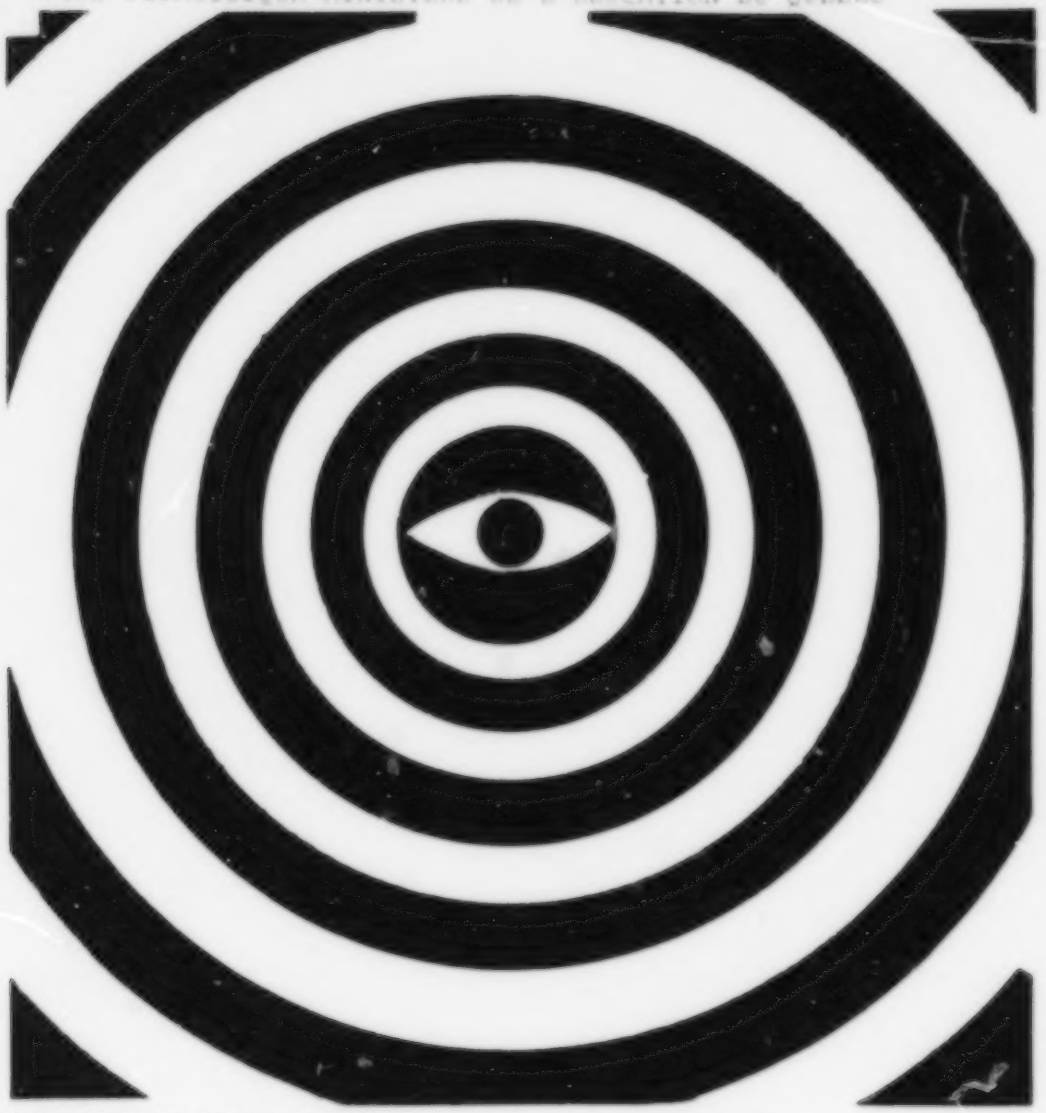
Cette recherche compare expérimentalement les principaux procédés pédagogiques en usage dans l'enseignement de la physique au Québec. Il ont été regroupés en trois catégories: procédé de redécouverte dirigé (DGL), procédé de redécouverte (PSSC), procédé traditionnel. Il s'agit de faire ressortir clairement la préséance d'un procédé pédagogique pour une catégorie d'élèves déterminée par les facteurs les plus prédictifs de la réussite scolaire en physique. Après un aperçu historique, la mise au point du DGL est explicitée. Suivent la présentation du schéma expérimental et des instruments de mesure, la description de l'expérimentation et l'analyse des résultats.

Un total de 1015 étudiants de cinq écoles secondaires réparties dans trois commissions scolaires ont participé à l'expérience en 1968. Le sexe, l'âge et le milieu socio-économique ont été pris en considération dans l'analyse des résultats. Chacun des procédés pédagogiques a été utilisé auprès d'un tiers de cette population. Trois pré-tests ont été utilisés: BGTA (parties 2, 3, 4 et 6), SACU (partie 2), Inventaire 200. Un test de physique a été construit en tenant compte de la taxonomie de Bloom. Enfin, le dossier des étudiants et des fiches de travail remplies par les enseignants ont également été pris en considération.

Les facteurs les plus prédictifs de la réussite scolaire en physique sont, dans l'ordre: le facteur d'intelligence générale, la compréhension de lecture, le facteur verbal. D'une façon constante, les élèves qui étudient la physique selon le procédé traditionnel obtiennent des résultats inférieurs à ceux des autres. Sauf dans le cas des élèves d'un niveau supérieur, les résultats amenés par le procédé de redécouverte dirigée sont supérieurs à ceux amenés par le procédé de redécouverte simple. Six recommandations concernant les programmes et la constitution de voies scolaires sont formulées.

Type de document: r
Auteur de l'analyse: ar

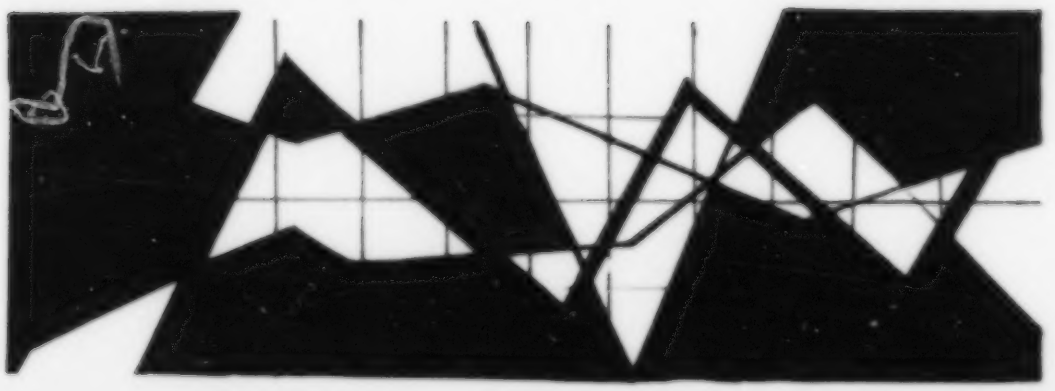
E D U Q 8170267 RCHE PÉDAGOGIQUE MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION DU QUÉBEC



JACQUES
DESAUTELS

RENALD
LEGENDRE

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE COMPARATIVE DES PRINCIPAUX PROCÉDÉS PÉDAGOGIQUES UTILISÉS DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE AU QUÉBEC



AVRIL 1971

E D U Q 8170267

INSTITUT DE RECHERCHE PEDAGOGIQUE

MINISTERE DE L'EDUCATION

DU QUEBEC

ETUDE EXPERIMENTALE COMPARATIVE DES PRINCIPAUX PROCEDES PEDAGOGIQUES UTILISES DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE AU QUEBEC

JACQUES DESAUTELS
Lic. Phys.; Ph.D. (Ed.).

RENALD LEGENDRE
Lic. Phys.; Ph.D. (Ed.).

AVRIL 1971

AVANT-PROPOS

L'ouvrage que nous avons l'honneur de présenter à la compétence de nos collègues est la synthèse d'une vaste expérimentation conduite sous l'égide de l'Institut de Recherche Pédagogique du Ministère de l'éducation du Québec.

Cette étude, tout en créant un précédent, indique une marche à suivre dans l'introduction de tout changement d'orientation pédagogique relativement à un enseignement. Cette démarche expérimentale nous semble indispensable pour éviter, dans l'application pédagogique, des errements qui pourraient être lourds de conséquences pour notre jeunesse.

Les résultats de notre étude, loin d'être arbitraires et empiriques, sont le fruit d'une recherche scientifique à laquelle a participé une équipe multidisciplinaire dont la documentation fut presque exhaustive.

Nous ne pouvons diffuser le rappor original en entier à cause de son ampleur (800 pages). Seuls les aspects les plus importants et les plus susceptibles d'intéresser les éducateurs ont été consignés. Les chapitres IV à X du document original traitent en détail de la mise au point des instruments de mesure; ils sont résumés ici au chapitre IV. L'analyse des résultats a également été dépouillée de toutes technicités. On étudie actuellement la possibilité de déposer un rapport complet à chacune des bibliothèques universitaires du Québec; les lecteurs désireux d'obtenir de plus amples informations pourraient s'y référer.

L'I.R.P. désire remercier les membres du comité de lecture, Messieurs Claude Beaudry (U. de M.) , Normand Larochelle (U. de S.), André Fournier et Roger Chamberland (DGEES), pour leurs critiques constructives du rapport initial.

Si notre modeste travail, dans sa phase simplifiée, pouvait être de quelque secours à nos collègues professeurs de physique, nous serions récompensés de nos efforts.

LES AUTEURS

RECONNAISSANCE

Cette recherche a été préparée sous la direction du Professeur Gaston Mialaret de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines de l'Université de Caen. Nous tenons à le remercier vivement de sa précieuse collaboration. Il a toujours su nous conseiller adroitement dans notre démarche, tout en nous donnant suffisamment de liberté pour que nous puissions effectuer un travail qui corresponde à nos goûts et aspirations.

La poursuite de ces recherches n'aurait pas été possible sans l'appui pécuniaire de l'Institut de Recherche Pédagogique. Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à son directeur, Monsieur Jean-Marie Joly, qui facilita grandement notre tâche. Notre ex-employeur, la Commission scolaire régionale de Chambly, en plus de nous libérer, nous a fait bénéficier d'une subvention de la Direction Générale du Financement du Ministère de l'Education du Québec; qu'elle reçoive ici l'expression de notre gratitude.

Nous voulons aussi remercier Normand Pinet, chercheur à l'Institut de Recherche Pédagogique, Claudette L'Heureux-Lapalme, chercheur à l'Université de Montréal, Jacques Létourneau, psychologue, Serge Billy, Gilles Raymond, Jacques Patenaude, Jacques Laplante, Noël Boisclair, tous conseillers en orientation, pour leur collaboration à la cotation des occupations en vue de l'établissement d'une

échelle de milieu socio-économique.

Nous remercions également Raynald Maltais, Gilles André Picotte, Claudette Paradis, Justin Goulet, Micheline Tardif, Jacques Vincent, Claude Hamelin, Yvon Théroux, Fleurette Paquin, Louisette Thibault, René Brouillette, André Marichal, Pierre Hélie, Bertrand Darie, tous professeurs de physique au secondaire, ainsi que Jean-Marie St-Arnaud, responsable du cours de didactique de l'enseignement de la physique à l'Université du Québec à Trois-Rivières, pour leur collaboration dans la cotation des items du test de physique selon la Taxonomie de Bloom.

Des remerciements sont aussi adressés à Pierre-Maurice Gravel du centre d'informatique de l'Université du Québec à Trois-Rivières, Daniel Pham et M. Chicông du centre d'informatique de l'Université de Caen, aux membres du personnel du Service d'Informatique du Ministère de l'Education du Québec, à Dr Vidya Bhushan de l'Université Laval de Québec, pour l'aide qu'ils ont apporté dans l'analyse des résultats.

Nous tenons tout spécialement à exprimer notre plus vive gratitude aux professeurs, coordonnateurs, élèves et autorités scolaires qui ont participé à l'expérimentation; ces derniers nous ont fourni une collaboration de tous les instants. Seule une promesse de respecter leur anonymat nous empêche de les citer ici. Merci également à tous ceux qui nous ont formulé leurs encouragements.

S O M M A I R E

CHAPITRE PREMIER

LIMINAIRE ET APERCU HISTORIQUE

Page

1.1. Nécessité de recherches en enseignement des sciences 2

1.1.1. Importance d'un sain enseignement des sciences 2

1.1.2. Importance d'un enseignement adéquat de la physique 5

1.1.3. Expériences personnelles 5

1.2. Nouvelle méthodologie: le PSSC 10

1.2.1. Enseignement de la physique avant 1960: méthode traditionnelle 10

1.2.2. Venue du PSSC: méthode expérimentale 12

1.2.3. Débuts de l'enseignement du PSSC au niveau secondaire au Québec 13

1.3. Procédé de redécouverte dirigée: le DGL 15

1.3.1. Nécessité d'un cours moyen 15

1.3.2. Venue du DGL: méthode expérimentale de redécouverte dirigée 17

1.4. Revue de questions 18

1.5. Opportunité de la présente recherche 23

CHAPITRE II

MISE AU POINT EMPIRIQUE D'UN PROCEDE D'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE

	Page
2.1. Introduction	26
2.2. Nature du PSSC	26
2.3. Historique du DGL	29
2.3.1. Origines du DGL	29
2.3.2. Elaboration de questionnaires	31
2.3.3. Mise au point du rapport sommaire	34
2.3.4. Principe de gradation dans les rapports sommaires	37
2.4. Procédé de redécouverte dirigée	39
2.4.1. Version améliorée du rapport sommaire	39
2.4.2. Pédagogie	41
2.4.3. Description du nouveau procédé	46
2.4.3.1. Phase I	46
2.4.3.2. Phase II	49
2.4.3.3. Phase III	50
2.4.3.4. Procédé de redécouverte dirigée en comparaison avec le PSSC	50
2.4.4. Psychologie de l'adolescence	57
2.4.5. Pré-discussion et post-discussion	61
2.5. Conclusion	62

CHAPITRE III

SCHEMA EXPERIMENTAL

	Page
3.1. Enoncé du problème	64
3.2. Objectifs de la recherche	65
3.3. Hypothèses	66
3.3.1. Considérations préalables	66
3.3.2. Formulation des hypothèses	68
3.4. Buts de l'enseignement de la physique	70
3.5. Procédés pédagogiques	71
3.5.1. Définition des procédés pédagogiques	73
3.6. Schéma de l'expérimentation	75
3.6.1. Début de l'expérimentation	75
3.6.2. Expérimentation	76
3.6.3. Fin de l'expérimentation	77
3.7. Tests et autres instruments de mesure	77
3.7.1. Pré-tests	77
3.7.2. Test de physique	80
3.7.3. Dossier de l'étudiant	80
3.7.4. Fiche de travail	80
3.8. Analyse des résultats	81

CHAPITRE IV

INSTRUMENTS DE MESURE

PREMIERE PARTIE : PRE-TESTS — Page

4.1. Remarques préliminaires 84

4.2. Inventaire 200 85

4.3. Batterie générale de tests d'aptitudes 86

4.4. Tests SACU 86

4.5. Correction des pré-tests 87

4.6. Justification fournie aux sujets expérimentaux quant à l'administration des pré-tests 89

DEUXIEME PARTIE : EVALUATION DU NIVEAU SOCIO-ECONOMIQUE DES SUJETS EXPERIMENTAUX

4.7. Evaluation du niveau socio-économique 91

4.7.1. Influence du milieu socio-économique sur l'éducation des enfants 91

4.7.2. Critères de classification des occupations 93

TROISIEME PARTIE : ELABORATION DE DEUX TESTS DE PHYSIQUE

4.8. Elaboration du test de physique 95

4.8.1. Introduction 95

4.8.2. Détermination du contenu des deux tests 95

4.8.3. Construction finale des deux tests 96

4.9. Expérimentation des deux tests de physique et mise au point du test final 100

Page

4.9.1. Expérimentation des deux tests de physique 100

4.9.2. Construction du test final de physique 102

4.9.3. Composition du test final de physique 108

4.10. Validité et fidélité du test de physique 123

4.10.1. Validité externe 123

4.10.2. Validité de contenu 123

4.10.3. Fidélité du test de physique 126

CHAPITRE V

DESCRIPTION DE L'EXPERIMENTATION

	Page
5.1. Description de l'échantillon	128
5.1.1. Considérations préalables	128
5.1.1.1. Elimination de sujets expérimentaux	128
5.1.1.2. Contraintes et attitudes d'échantillonnage	129
5.1.2. Description globale	130
5.1.3. Description par procédé pédagogique	135
5.2. Déroulement de l'expérimentation	143
5.2.1. Premiers contacts avec les professeurs	143
5.2.2. Climat général	148
5.2.3. Déroulement de l'expérimentation	149
5.3. Procédure de correction des instruments de mesure	153
5.4. Distribution et regroupement des procédés pédagogiques	154

CHAPITRE VI

ANALYSE DES RESULTATS

	Page
6.0. Introduction	160
6.1. Buts	160
6.2. Identification des variables	160
6.3. Type général de l'analyse	162
6.4. Détermination des variables indépendantes les plus prédictives	163
6.5. Etapes de l'analyse	164
6.6. Vérification de la première hypothèse	165
6.7. Vérification des hypothèses 2, 3, 4, et 6	166
6.8. Exploration	169

CHAPITRE VII

EPILOGUE

	Page
7.1. Conclusions	186
7.1.1. Première conclusion	187
7.1.2. Deuxième conclusion	187
7.1.3. Troisième conclusion	188
7.1.4. Quatrième conclusion	188
7.1.5. Cinquième conclusion	188
7.1.6. Sixième conclusion	189
7.2. Validité des conclusions	189
7.3. Recommandations	190
7.3.1. Première recommandation	190
7.3.2. Deuxième recommandation	190
7.3.3. Troisième recommandation	192
7.3.4. Quatrième recommandation	192
7.3.5. Cinquième recommandation	193
7.3.6. Sixième recommandation	193

CHAPITRE PREMIER

LIMINAIRE ET APERCU HISTORIQUE

CHAPITRE PREMIER: LIMINAIRE ET APERCU HISTORIQUE

1.1. Nécessité de recherches en enseignement des sciences

1.1.1. Importance d'un sain enseignement des sciences

Dans le contexte actuel de l'évolution sociale, économique et scolaire, il est de première importance que s'effectuent des recherches tant au niveau des programmes et examens qu'au niveau de la didactique de chacune des matières enseignées. Cette nécessité de recherches sur plusieurs plans est également primordiale pour l'enseignement de la physique, vu que cette matière représente une partie importante de nos programmes d'enseignement. L'OCDE[1] a d'ailleurs exprimé en ces termes l'importance d'un sain enseignement des sciences:

> La science moderne n'a pas seulement modifié les conditions de vie de l'homme, elle a aussi transformé son attitude à l'égard d'un grand nombre de problème qui se posent à lui, comme à ceux qui l'ont précédé. La science n'est pas seulement une arme puissante qui permet de s'attaquer aux problèmes matériels; elle introduit un nouveau mode de pensée et apporte de nouveaux critères pour juger de la crédibilité et de l'accessibilité des preuves. La philosophie, la théologie, les disciplines politiques

---

(1) Organisation de Coopération et de Développements Economiques: Pour un enseignement rénové des sciences: une conception moderne de l'enseignement de la physique, Paris: Publications de l'OCDE, 1963, p.3.

et économiques ont toutes été influencées à des degrés divers par la science: les influences les plus puissantes sont venue de la représentation des phénomènes naturels, sans cesse perfectionnée, créée par la pensée scientifique. Dans cet esprit, on ne saurait trop souligner que les disciplines scientifiques sont l'un des fondements de la culture générale. L'OCDE poursuit:

> Rares sont ceux qui ne se rendent pas compte que le progrès des sciences et de leurs applications sont l'un des fondements essentiels d'une saine expansion de l'économie moderne. Cependant, il ne suffit pas de reconnaître ce fait. Il faut aussi habituer les enfants à considérer les sciences comme l'une des branches de toute culture générale et comme l'un des fondements les plus importants de la culture moderne. Qu'il s'agisse d'élèves se destinant ou non aux études scientifiques, la science mérite d'être étudiée pour elle-même, indépendamment de la valeur de ses applications.[2]

Il est donc indéniable que, vivant dans un siècle féru d'applications immédiates et envahissantes de la science, toute personne se doit de posséder au moins quelques notions générales au sujet des sciences pour vivre à

---

(2) idem, p. 33

part entière dans le monde d'aujourd'hui. La nécessité sera encore plus impérieuse dans l'avenir. Sans pour autant minimiser la nécessité de formation de l'individu sur d'autres plans, on peut ajouter que la connaissance générale des sciences sera tout à fait indispensable à l'homme du XXI^{o} siècle pour qu'il puisse s'intégrer pleinement dans le monde où il évoluera.

Le célèbre philosophe, logicien et mathématicien Bertrand Russell[3] ressentait bien l'importance d'un sain enseignement des sciences lorsqu'il disait:

> La science avance à pas de géant. Chaque jour elle façonne davantage le destin de l'homme. Elle modifie ses façons de vivre, et à son insu souvent, l'atteint jusque dans ses réactions profondes. Et cependant, nous continuons à penser et à vivre, comme si rien ne s'était passé depuis un demi-siècle. Nos réflexes sont ceux d'un autre âge. Il est urgent que le plus grand nombre acquière une culture scientifique qui lui permette de faire échec à l'ignorance, à la panique et au scepticisme. Il y va de la survivance de l'humanité.
>
> La théorie et la pratique de la physique moderne ont révélé brutalement qu'une ignorance

---

(3) Russell Bertrand, dans Dottrens R. et coll., Eduquer et Instruire, Nathan/Unesco, Paris, 1966.

totale du monde de la science n'est plus compatible avec la survie de l'humanité...

1.1.2. Importance d'un enseignement adéquat de la physique

De façon plus spécifique, l'OCDE ajoute:

La physique est la plus fondamentale de toutes les sciences, elle constitue l'une des parties vitales de la culture moderne, elle est, de ce fait, un élément nécessaire de l'éducation de tous les enfants.[4]

Il convient alors de bien s'assurer que la physique, comme les autres matières scolaires, soit présentée de façon à constituer un ensemble cohérent et vivant ayant valeur de culture générale. Les programmes et la didactique naissante de la physique devront donc s'ajuster aux impératifs scolaires contemporains. On n'y parviendra que par des recherches systématiques et soutenues.

1.1.3. Expériences personnelles

Nous avons senti personnellement cette nécessité de recherches en enseignement de la physique: premièrement lors de nos études secondaires et universitaires totalisant huit années d'étude de la physique, et deuxièmement en enseignant cette matière durant trois ans dans les classes du secondaire.

1.1.3.1. La physique au secondaire telle que nous l'avions perçue

A l'adolescence, nos premiers contacts avec

---

(4) idem, p. 3

l'étude de la physique ont été très décevants. Comme nos camarades, nous étions habitués dans la vie quotidienne à prendre contact directement avec la nature environnante et avec la technologie. De plus nous entrions indirectement en relation avec le monde de la physique par le truchement des mass-media: journaux, revues, télévision. Nous avons trouvé une différence marquée et décevante entre le monde des sciences dans lequel nous vivions et la façon aride dont cet univers nous était enseigné. En peu de temps, la physique est devenue pour nous, non pas un moyen de parfaire nos connaissances, ni un moyen de satisfaire notre curiosité juvénile mais un cours embêtant et ennuyant où se succédaient à un rythme monotone, formules, principes desséchés et applications mathématiques sans aucun lien apparent avec le monde réel. Il ne s'agissait pas pour nous de comprendre les principes de la physique, mais de les apprendre trop souvent par coeur, non pas en vue de notre enrichissement personnel mais plutôt en vue d'un examen éventuel jugeant nos capacités d'absorption. Aller en laboratoire constituait souvent une récompense décernée à des classes sages!....et cela lorsque laboratoire il y avait! Et si laboratoire il y avait, dans la trop grande majorité des cas, cet endroit revêtait beaucoup plus une valeur historique que scientifique!.... Et d'ailleurs le sujet de la séance de laboratoire n'avait que très rarement de liens avec la matière enseignée. Il s'agissait la plupart

du temps de "cuisiner" une vérification de principes physiques secondaires: leviers, arsenal de poulies, vases communicants, etc. Peu à peu les cours de physique sont ainsi devenus, pour nous et nos confrères, synonymes d'épreuves à subir, faisant s'envoler rapidement notre enthousiasme du début. Pourtant nous nous intéressions toujours aux sciences... mais en dehors des cours de sciences!

1.1.3.2. La physique à l'Université telle que nous l'avons subie

La même situation s'est poursuivie au niveau universitaire. Il ne s'agissait pas non plus de comprendre les phénomènes, mais les ingurgiter sous forme d'équations mathématiques sans relation apparente, pour nous, avec le monde réel. Encore plus qu'à l'école secondaire, les séances de laboratoire se dissociaient nettement des cours théoriques et magistraux. Encore là, notre intérêt envers les sciences ne trouvait point sa satisfaction. On nous enseignait les sciences en oubliant la nécessité absolue de nous rompre à la méthode scientifique. La pensée scientifique, l'intuition physique et la capacité de juger de la crédibilité d'une théorie étaient autant de facteurs considérés comme acquis antérieurement à nos études universitaires... Ayant travaillé par la suite dans un laboratoire de recherches industrielles, nous nous sommes réellement aperçus des nombreuses lacunes de notre formation scientifique. C'est là que nous nous sommes aperçus de la nette

différence entre les connaissances ingurgitées et les connaissances comprises, entre l'information et la formation scientifique.

1.1.3.3. La situation que nous avons vue en tant que professeurs de physique

Dès le début de notre carrière d'enseignant, la même situation, que nous avions perçue en tant qu'élèves, prévalait dans la majorité (pour ne pas dire la totalité) des classes de physique de l'enseignement secondaire au Québec. On observait partout la même façon d'enseigner la physique, à quelques variantes près. Il en résultait inévitablement, comme toujours, un nombre effarent d'échecs, un désintéressement général ainsi qu'une crainte pathologique des élèves envers la physique qui devint la bête noire de plusieurs. Une telle situation ne semble pas être propre au Québec puisque les même observations ont été colligées dans un numéro de l'organe officiel[5] des professeurs de physique des Etats-Unis. Depuis l'instauration du choix libre des options scientifiques, l'expérience américaine démontre que le premier choix des élèves porte vers la biologie réputée plus facile; la chimie vient ensuite au second rang suivi en troisième place de la physique. De plus, seulement 12% des élèves optent pour la physique et la désaffectation s'accentue annuellement.

---

(5) The Physics Teacher, American Association of Physics Teachers, vol. 6, no. 1, jan. 1968, p. 33.

Durant nos trois années d'enseignement au niveau secondaire, par contacts directs journaliers avec professeurs et élèves, nous en sommes venus à détecter, ce qui nous semblait être, du moins en partie, les causes d'un tel malaise. Voici l'énumération que nous proposions par ordre d'importance croissante:

1) Préparation mathématique inadéquate des étudiants.
   -Cette cause pourrait être facilement éliminée par une coordination plus stricte entre l'enseignement des mathématiques et l'enseignement des sciences.
2) Inexistence d'un cours approprié d'introduction aux sciences.
   -Sans vouloir élaborer sur le sujet, nous désirons souligner qu'il serait souhaitable que des recherches soient entreprises de façon à déterminer la structure et le contenu d'un tel cours ainsi que le niveau propice à un tel enseignement.
3) Examens de physique inappropriés.
   -Les "épreuves" de physique ne sont trop souvent que des tests de mémorisation et d'applications numériques de principes abstraits où il s'agit de se rappeler la "bonne formule" pour y réussir. Des recherches devraient être également entreprises dans ce domaine à la lumière de

données docimologiques récentes.

4) Mauvaise structure des programmes.

-Les programmes de physique ne sont que trop souvent un très pâle reflet des divers buts visés dans l'enseignement de la physique.

5) Didactique inappropriée à l'enseignement de la physique et inadaptée à la psychologie des étudiants.

Si nous nous attardons très peu à l'analyse des diverses causes d'échecs et de désintéressement des étudiants envers la science physique, c'est que nous nous sommes surtout attardés, dans les cinq dernières années, à la cause no. 5 qui nous semble être prioritaire. Les travaux que nous avons effectués dans le but de trouver une solution à cette cause sont à l'origine de la présente recherche.

1.2. Nouvelle méthodologie: le PSSC

1.2.1. Enseignement de la physique avant 1960: méthode traditionnelle

Antérieurement à 1960, exception faites de certaines classes expérimentales aux Etat-Unis, la physique s'enseignait selon une méthode que l'on qualifie aujourd'hui de traditionnelle. Nous entendons par méthode traditionnelle celle qui peut être identifiée par quelques-uns ou la totalité des éléments suivants:

a) absence d'expérimentation en laboratoire.

b) vérifications (et non redécouvertes) de

lois, expérimentation qui se résume souvent à suivre aveuglément une "recette".

c) dogmatisme: le professeur et le volume sont les seuls dépositaires indiscutables de la science. Les lois et principes physiques sont synonymes de dogmes de foi.

d) l'étudiant est un objet à façonner par opposition à un artisan de sa propre formation. Les connaissances, trop souvent artificielles, lui sont imposées; l'étudiant ne jouit alors d'aucune autonomie et d'aucune indépendance intellectuelle: il est un bloc de marbre entre les mains d'un sculpteur.

e) enseignement presqu'exclusivement au tableau.

f) enseignement en vue d'un examen.

g) enseignement type "maieutique".

h) Le matériel pédagogique est inexistant ou presque et, s'il y en a, il est manipulé, dans la plupart des cas par le seul professeur.

i) L'organisation des cours et de l'espace favorise ni l'expérience individuelle, ni le travail de groupe. L'élève est laissé à lui-même face aux abstractions. Comprenne qui pourra!

La méthode traditionnelle idéale serait celle qui comprendrait tous les critères ci-dessus énumérés. Dans l'enseignement actuel, ces caractéristiques se retrouvent,

bien sûr, mais à des degrés qui varient selon l'idiosyncrasie magistrale.

Nous tenons à préciser que nous n'attribuons aucun sens péjoratif à l'épithète traditionnelle car la méthode dite traditionnelle est peut-être la plus adéquate pour les élèves de catégorie supérieure; la présente recherche décidera de la valeur de notre assertion.

1.2.2. Venue du PSSC: méthode expérimentale

Conscients des nombreuses lacunes inhérentes à l'enseignement de la physique et convaincus de l'importance de l'apprentissage de la physique chez les adolescents, plusieurs centaines de professeurs de physique de l'enseignement supérieur et secondaire des Etats-Unis se sont réunis afin d'élaborer une méthodologie nouvelle propre à l'enseignement d'une science. Ce groupe prit le nom de Physical Science Study Committee (PSSC) et travailla sous la direction des professeurs J.R. Zacharias et F.L. Friedman, physiciens au Massachusetts Institute of Technology des Etats-Unis.

Ces chercheurs furent les premiers à élaborer un cours de physique qui plaçait cette science dans son optique propre, c'est-à-dire celle de science expérimentale. L'élève est appelé à redécouvrir les phénomènes physiques en laboratoire, mais en suivant les traces de Newton, de Galilée, et de bien d'autres. De par son initiative, l'élève parcourt le même chemin, que les grands découvreurs. Il n'est plus un vérificateur de lois, mais bien un chercheur actif.

Si la méthode traditionnelle visait surtout l'information, cette nouvelle méthodologie se propose de former en plus d'informer. Le professeur devient donc dans cette perspective non pas celui qui donne les connaissances, mais l'instigateur du savoir acquis activement. En plus le PSSC permet à l'étudiant de s'extérioriser, et de prendre conscience de ses propres capacités.

Le chapitre II élaborera plus en détail la nature et les caractéristiques de la méthodologie de redécouverte du PSSC.

1.2.3. Débuts de l'enseignement du PSSC au niveau secondaire au Québec.

En septembre 1965, la Régionale de Chambly, où nous enseignions, fut la première institution publique à diffuser le PSSC à des classes du secondaire. Cette décision fut prise à la suite de tentatives locales d'implantation de cette méthode dans des classes du niveau classique et quelques classes fortes du niveau secondaire. Ces essais empiriques du PSSC laissaient présumer de bons résultats.

Cette apparition du PSSC à Chambly a coincidé avec une époque où une poussée démographique y amena, comme dans plusieurs autres endroits, des conditions d'enseignement difficiles: qu'il nous suffise de mentionner le climat d'incertitude dû aux bouleversements scolaires, le manque de matériel didactique, la pénurie de laboratoires, les horaires comprimés en deux sessions quotidiennes, etc.

Cette situation a duré assez longtemps pour que le niveau de nos classes en soit profondément affecté: bon nombre de nos classes de sciences-lettres étaient en réalité des classes de niveau général.

Dans ces conditions, et compte tenu de l'inexistence à l'époque d'une initiation préalable des élèves aux sciences, il s'est avéré que le PSSC, dans sa forme intégrale, n'était accessible qu'à une partie infime de la population scolaire, soit seulement à quelques classes de sciences-mathématiques. Il s'avérait évident pour les professeurs que les programmes de l'enseignement de la physique étaient peu adaptés au niveau des élèves. Il en résultait deux conséquences principales: d'une part, un nombre effarent d'échecs, et d'autre part, une crainte pathologique des élèves vis-à-vis la physique. Durant l'année scolaire 1966-67, un comité de professeurs se proposa d'étudier cet état de choses et de remédier à la situation.

Il n'était cependant pas question de faire marche arrière et de revenir aux anciens cours magistraux. Désirant conserver une méthodologie active et expérimentale dans l'enseignement de la physique, il nous fallait donc de façon impérative adapter le PSSC à nos classes de niveau moyen. C'est à cette époque, qu'avec l'approbation de la Direction Générale des Etudes, nous avons entrepris des recherches afin de rendre plus accessible la méthodologie expérimentale du PSSC.

1.3. Procédé de redécouverte dirigée: le DGL

1.3.1. Nécessité d'un cours moyen

La nécessité d'un cours moyen a été ressentie aux Etats-Unis dès 1964. En effet, le National Science Foundation a confié dès cette époque, à une équipe de l'Université de Harvard, la réalisation d'un projet de cours moyen dont le besoin se faisait de plus en plus ressentir.[6] La même idée a d'ailleurs fait son chemin au Québec puisque, dès la fin de 1968, le responsable de l'enseignement de la physique au Ministère de l'Education formait un comité dont la tâche était d'élaborer un programme de voie moyenne. Ainsi avons-nous assisté à la publication du programme Physique 43.

Essayons de passer brièvement en revue les raisons qui ont incité le National Science Foundation et le Ministère de l'Education du Québec à élaborer un programme de physique s'adressant au niveau moyen. On remarque tout d'abord que la plupart des professeurs de physique s'accordent pour dire que le PSSC est réservé à une partie seulement de la population étudiante; tous les élèves en effet n'ont pas les capacités requises pour suivre un tel cours avec profit. On remarque ensuite qu'il n'est pas nécessaire pour les élèves, ne s'orientant pas vers des carrières scientifiques, de suivre un cours aussi élaboré que le PSSC.

---

(6): The Physics Teacher, vol.5, mai 1967.

La Russie a également ressenti la nécessité de construire un cours de physique mieux adapté à l'ensemble des élèves. C'est ce qu'annonçait le Professeur Pyorishkin, de l'Institut de Pédagogie des Sciences de Moscou, dans une allocution prononcée lors d'un congrès sur l'enseignement des sciences tenu à Sarajevo, en Yougoslavie en 1965[7]. Le représentant de l'URSS annonça en plus que les livres de la première édition du PSSC furent traduits de l'américain au russe par le Professeur Akmatov de l'Institut de Technologie Mécanique de Moscou. Cette traduction a été effectuée à l'intention exclusive des futurs professeurs de physique en formation dans les écoles spécialisées. En Russie, l'enseignement du PSSC n'est destiné qu'à cette catégorie bien spécifique d'étudiants; les Russes étaient à élaborer un autre cours s'inspirant du PSSC mais mieux adapté à l'ensemble des élèves.

A ce même congrès portant sur l'enseignement des sciences, un comité yougoslave d'évaluation du PSSC a présenté son rapport préliminaire le premier octobre 1965. Le Professeur Ploesta prit la parole au nom du comité. Après avoir décrit une expérimentation pédagogique du PSSC comprenant quelque 200 élèves de 16 ans, le professeur fit

---

(7): Cross Judson B., The PSSC in Yugoslavia, A Report on the Sarajevo Meetings September 30-October 4, 1965, in Quaterly Report 551, 1966.

connaître le scepticisme des membres du comité en ce qui a trait à la valeur de la méthode de redécouverte dans l'enseignement de la physique. Selon leurs conclusions, la méthode de redécouverte dans sa forme actuelle n'est pas appropriée à l'ensemble des élèves pour trois raisons principales qui peuvent se résumer ainsi:

1) manque de dextérité des élèves,

2) mauvais appareils de laboratoire,

3) consignes insuffisantes fournies aux élèves.

Le comité souligna en plus les dangers d'égarement lors des discussions plénières.

1.3.2. Venue du DGL[8]: méthode expérimentale de redécouverte dirigée.

Dans le but de pallier aux difficultés d'application de la méthode de redécouverte, la Régionale de Chambly accepta de nous dégager à mi-temps de notre tâche d'enseignement afin de concevoir un procédé plus adapté à l'ensemble des élèves.

En un premier temps, l'objectif était donc de mettre au point un cours de physique de niveau moyen qui, tout en visant les mêmes buts que le PSSC et tout en lui étant parallèle, en différerait par un procédé pédagogique plus réaliste. Après une première année d'essais empiriques et

---

(8) Désautels Gay Legendre

après avoir dépouillé une importante documentation, nous avons entrepris une série nouvelle de tentatives en employant des textes nouveaux et un procédé pédagogique que nous avons qualifié de redécouverte dirigée. Ce qui n'était pas encore de l'expérimentation pédagogique rigoureuse, à cause de notre manque de connaissances du domaine, a quand même donné des résultats très satisfaisants marquant une nette amélioration sur notre expérience précédente. Ces faits encourageants nous ont incité à poursuivre l'élaboration d'un nouveau cours fondé sur le procédé de redécouverte dirigée et adaptée aux élèves du niveau moyen. Ouatre années de recherches et d'expérimentations ont permis de réaliser un premier Guide de l'élève[9]. Une partie du chapitre II du présent ouvrage exposera en détail les principes de ce procédé de redécouverte dirigée.

1.4. Revue de questions

Inscrits au doctorat en Sciences de l'éducation à l'Université de Caen (France), notre première préoccupation fut d'effectuer une revue de questions systématique en ce qui a trait aux travaux consacrés à l'enseignement des sciences. Les premiers mois à Caen furent presqu'exclusivement consacrés à ce travail, lequel travail s'est poursuivi

---

(9) Désautels J., Gay M., Legendre R., La Physique science expérimentale, Tome I, Dunod Québec, Montréal, 1968.

sparodiquement par la suite pendant notre séjour en France et lors de notre retour au Québec. Nous avons ainsi réuni, dépouillé et classé plus de 450 titres traitant plus ou moins directement de notre thème de recherche. Les revues suivantes furent dépouillées pour tous les numéros parus de la période s'étendant de janvier 1955 à juin 1968. Nous ne trouvâmes qu'une mince information dans les numéros de revues antérieurs à 1955, ce qui nous justifia de commencer nos investigations à partir de janvier 1955.

BINOP

Bulletin de la Société française de Pédagogie

Bulletin d'Etudes et Recherches psychologiques

Bulletin des Instituteurs réunis du Grand-Duché de Luxembourg

Bulletin de Psychologie Scolaire et d'Orientation

Bulletin Signalétique du C.N.R.S.

Bulletin de Psychologie

British Journal of Educational Psychology

Cahiers pédagogiques pour l'Enseignement du Second Degré

Cumulative Book Index

Dissertation Abstracts

Educational Records Bulletin

Educational Psychology Review

ERIC

Educational and Psychological Measurement

Educational Research

Journal of Experimental Education

Journal of Psychological Researches

Journal of Clinical Psychology

Journal of Psychology

Journal of Experimental Social Psychology

Manuel bibliographique des sciences de l'éducation

Nature G.B.

Ontario Journal of Educational Research

Psychological Abstracts

Psychological Review

Recherches Universitaires

Review of Educational Research

Science Education

Soviet Education U.S.A.

School Science Revue G.B.

Travail Humain (Le)

Nous avons remarqué que la majeure partie des articles révèlent beaucoup plus des opinions que des conclusions d'expérimentations pédagogiques. Un bon nombre de ces titres traitent aussi de thèmes connexes tels que l'enseignement des mathématiques modernes en relation avec la réussite scolaire en scienc s. Enfin nous avons trouvé quelques résumés d'études comparatives entre divers procédés d'enseignement des sciences: Dans la plupart des cas, le procédé expérimental était opposé au procédé traditionnel.

Contrairement à ce que nous espérions, ces études ne nous ont pas été très utiles puisqu'elles ont été menées dans des cadres très restreints et, fait surprenant, leurs conclusions sont souvent contradictoires.

A titre d'exemples, nous citerons les études les plus intéressantes relativement à notre recherche. Paul J. Cowan[10] compara les rendements de deux procédés d'enseignement du PSSC: 1) enseignement tel que préconisé par les auteurs du PSSC, 2) enseignement programmé du PSSC sans professeur. A la suite de l'analyse des résultats, Cowan conclut que les élèves du procédé 2 fournissent un rendement supérieur à ceux du procédé 1 aux tests du PSSC toutes choses étant égales d'ailleurs. Ces résultats doivent être interprétés à la lumière des considérations suivantes. Le groupe expérimental ne comportait que 22 sujets et le groupe témoin 48 sujets, ce qui est un échantillon relativement restreint. De plus Cowan affirme que ses conclusions sont valables pour de petites écoles secondaires.

Lawrence Eugene Poorman[11] compara les effets d'un

---

(10) Cowan Paul J., Autoinstructional Materials in Teaching Physics in Small High Schools, in The Journal of Experimental Education, vol. 36, no.1, printemps 1967, p.46-50.

(11) Poorman Lawrence E., A Comparative Study of the Effectiveness of a Multi-Media Systems Approach to Harvard Project Physics with Traditional Approaches to Harvard Project Physics, in Eric, juin 1969, ED 026 258.

programme séquentiel à média intégrés et multiples aux effets d'une approche traditionnelle du Harvard Project Physics. Les résultats ne montrent aucune différence significative entre les rendements. L'auteur note cependant que les élèves forts et faibles du premier procédé obtiennent des gains supérieurs à ceux des élèves semblables du deuxième procédé. Le procédé 1 crée parmi les élèves plus d'intérêt et d'enthousiasme.

Robert L. Bradley[12] ne trouva aucune différence significative entre les scores obtenus par des sujets utilisant un procédé traditionnel et les scores de ceux utilisant un procédé expérimental dans l'étude des sciences. L'auteur fait remarquer qu'il n'a pas su mesurer les objectifs visés par l'expérimentation en laboratoire.

William E. Berry[13] a effectué une étude comparative du PSSC et d'un procédé traditionnel. Lorsque le test du PSSC sert d'instrument de mesure, le groupe PSSC obtient des résultats significativement plus élevés. Il n'y a cependant aucune différence significative si le Cooperative Physics Test sert de critère de jugement.

---

(12) Bradley Robert L., Lecture Demonstration versus Individual Laboratory Work in a General Education Science Course, in The Journal of Experimental Education, vol. 34, no.1, printemps 1965.

(13) Berry William E., The Comparative Effects of PSSC Physics and Traditional Physics on Student Achievement, dans Dissertation Abstracts, 1966, 27 (4-A), P. 878-879.

Certains autres résumés d'articles, écrits en langue étrangère, semblables aux précédents nous ont paru de grand intérêt ; nous n'avons pu cependant les utiliser vu l'impossibilité de les faire traduire. Nous avons donc dû nous restreindre aux articles rédigés en français ou en anglais.

Notre revue de questions nous a cependant révélé quelques analyses factorielles intéressantes effectuées en Angleterre et aux Etat-Unis. Nous les avons utilisées dans le but de connaître les facteurs les plus prédictifs de la réussite scolaire en physique. Ceci nous a permis de choisir les pré-tests administrés au début de l'expérimentation.

Vu le grand nombre de titres recueillis lors de la revue de questions, et surtout l'inutilité de la majeure partie d'entre eux relativement à notre projet, les références utiles à la présente recherche seront présentées au fur et à mesure au lieu de faire l'objet d'un inventaire exhaustif consigné au présent chapitre.

1.5. Opportunité de la présente recherche

De tout ce qui précède, il ressort que notre propre recherche ne répète aucune expérimentation déjà réalisée. Nous n'avons pu trouver aucune étude comparative qui faisait ressortir clairement la préséance d'un procédé pédagogique pour une catégorie d'élèves déterminée par les facteurs les plus prédictifs de la réussite

scolaire en physique, en plus des autres caractéristiques telles que sexe, âge et milieu socio-économique. De plus, pour des raisons évidentes, aucune étude comparative ne fait état d'un procédé de redécouverte dirigée dans l'enseignement de la physique. Les objectifs plus spécifiques du présent travail sont explicités au chapitre III.

C H A P I T R E II

MISE AU POINT EMPIRIQUE D'UN PROCEDE D'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE

CHAPITRE II: MISE AU POINT EMPIRIQUE D'UN PROCÉDÉ D'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE

2.1. Introduction

Le travail que nous avons effectué au cours de trois années d'enseignement de la physique se situe au niveau de la méthodologie. Il s'agit cependant de se demander si le produit fini constitue une méthode, un procédé ou une technique pédagogique. Il nous semble a priori prétentieux d'affirmer que c'est une méthode car cela impliquerait très certainement une réflexion pédagogique plus profonde. Comme nous avons oeuvré dans le cadre d'une pédagogie active et que le tout est né du désir d'adaptation progressive du P.S.S.C. à notre population étudiante, nous emploierons avec plus d'à-propos l'expression procédé pédagogique pour qualifier notre travail.

Le présent chapitre se propose de décrire l'élaboration de ce nouveau procédé pédagogique, de mettre en relief les différences existant entre les procédés original et nouveau et finalement de souligner les principes psycho-pédagogiques qui nous ont guidés. Il est préalablement nécessaire de définir la nature du P.S.S.C.

2.2. Nature du PSSC

Commençons par examiner la place occupée par l'expérimentation dans le cours du PSSC. Voici ce qu'affirme

À ce sujet, Uri Haber-Schaim[1], un des principaux responsables du projet:

> Dans ce cours, l'expérimentation ne fait pas seulement remplacer les démonstrations traditionnellement effectuées par le professeur, elle réduit aussi le temps passé à donner des explications en classe. Le travail en laboratoire est relié étroitement au texte et est d'égale importance.

Il ajoute un peu plus loin:

> Dans la majorité des cas, nous recommendons que les expérimentations soient faites avant que la matière soit vue en classe.

M. Haber-Schaim souligne aussi qu'à l'instar du physicien l'élève qui expérimente doit viser un but; il s'avère alors nécessaire de sensibiliser préalablement les élèves au but de l'expérimentation par une discussion en classe.

Centré sur la redécouverte en laboratoire, le principal procédé pédagogique du PSSC comporte les quatre phases suivantes:

Phase I : Pré-discussion plénière en classe dans le but

---

(1) PSSC, Teacher's Guide For Laboratory, dans Teacher's Resource Book and Guide, Part one, traduction de l'anglais.

de sensibiliser l'auditoire à un problème.

Phase II: Expérimentation au cours de laquelle l'élève, par une recherche personnelle, essaie de trouver une solution au problème abordé au cours de la phase I. Les instructions données sont très limitées. Haber-Schaim[2] en explique ainsi la raison:

> Quand un étudiant exécute une expérience dont il ne connaît pas le résultat à l'avance, il acquiert le sens d'une participation personnelle aux découvertes de la science; la science et le rôle du scientifique prennent alors plus de sens pour lui. Pour cette raison, on a limité les instructions détaillées aux aspects purement techniques des expériences; les directives indispensables concernant les idées physiques sont données dans de courtes introductions et par des questions suggestives.

Phase III: Après une lecture individuelle de la partie du volume pertinente à l'expérimentation, discussion plénière en classe afin de consolider les notions acquises.

Phase IV: Exercices au cours desquels l'élève met en

---

(2) Haber-Schaim, dans Lapointe S. et Ste-Marie L., trad., Guide des travaux pratiques de physique, Editions Hachette-Canada, 1962.

application ses nouvelles connaissances. Discussion centrée sur certains de ces exercices.

Voilà schématiquement le procédé pédagogique préconisé par le PSSC. Nous allons le qualifier de procédé de redécouverte, et cette dernière expression désignera le procédé du PSSC tout au long du présent ouvrage.

2.3. Historique du DGL

2.3.1. Origines du DGL

Pour une information plus complète des origines du DGL, nous référons le lecteur aux sections 1.3.1. et 1.3.2. du chapitre premier.

Le procédé de redécouverte dirigée du DGL a été mis au point afin de résoudre des problèmes pratiques d'enseignement de la physique. Au début de l'année scolaire 1965-66, les autorités de la Commission Scolaire Régionale de Chambly ont décidé que le cours du PSSC serait donné au niveau de la 10e année (14 à 17 ans) dans les classes de sciences-mathématiques et sciences-lettres[3]. Cette décision fut très stimulante pour la majorité des professeurs car le PSSC, préconisant

---

(3) Les critères de sélection étaient fondés sur les résultats en mathématiques et en français au cours de l'année scolaire précédente. Les meilleurs élèves se classaient en sciences-mathématiques.

un procédé expérimental, offrait tout l'attrait de la nouveauté.

L'année scolaire débuta donc sur un bon pied; les professeurs étaient très enthousiastes. Pour assurer l'implantation de ce nouveau cours américain, les autorités scolaires consentirent à libérer partiellement les professeurs de physique dans le but de mieux répartir leurs efforts et d'assurer ainsi un enseignement adéquat dans toutes les classes participantes. A raison d'une demi-journée pédagogique hebdomadaire, les professeurs discutaient de la meilleure façon d'aborder une notion, des difficultés particulières à une expérimentation donnée, ainsi que des réactions des éduqués. Ces réunions se sont revélées très utiles pour l'ensemble des professeurs puisqu'une partie d'entre eux avaient déjà suivi des cours de méthodologie du PSSC, et que ces réunions groupaient des professeurs apportant des expériences très diverses de l'enseignement de la physique.

Très tôt nous butâmes sur une difficulté qui devint notre pierre d'achoppement: l'immaturité de nos élèves. Nos discussions étaient émaillées d'inlassantes remarques: "Les élèves ne comprennent rien"... "les élèves ne sont pas assez forts pour suivre une telle méthode" ... "Les élèves ne sont pas assez préparés"... etc. Ces discussions laissaient présager des résultats assez faibles. Ces doutes furent confirmés par les

résultats aux examens de Noël: 70% d'échecs pour l'ensemble des 27 classes participantes.

Face à ce très mauvais début, les réactions des professeurs ne furent pas uniformes. Un premier groupe proposa d'alléger le programme s'opposant à quelques partisans du statu quo. Un autre groupe préconisa un retour à un procédé plus traditionnel. Quant à nous, nous avons suggéré de modifier le Guide des Travaux Pratiques qui nous apparaissait trop dense et complexe pour des élèves qui abordaient la physique pour la première fois[4]. N'ayant pu s'entendre sur aucune des suggestions, il fut décidé que chacun remédie à la situation à la lumière de sa propre expérience.

2.3.2. Elaboration de questionnaires

Faisant suite à notre suggestion, nous avons élaboré des questionnaires dans le but de compléter le Guide des Travaux Pratiques du PSSC. Ces questionnaires se proposaient de scinder le problème global en interrogations plus précises et de suggérer une procédure plus détaillée. Chacune des réponses amenait une autre question dirigeant ainsi l'étudiant dans sa redécouverte. Dès le début, ce

---

(4) Une semblable suggestion a été formulée par un comité yougoslave d'évaluation du PSSC lors d'un congrès portant sur l'enseignement des sciences et tenu en Yougoslavie en octobre 1965.
Cross Judson B., The PSSC in Yugoslavia, A Report on the Sarajevo Meetings September 30 - October 4, 1965, in Quaterly Report EST, 1966

dirigisme s'est voulu dégressif au fur et à mesure que l'étudiant apprend à évoluer en laboratoire.

L'année scolaire se termina sur la note de l'individualisme, c'est-à-dire que chaque professeur fit pour le mieux mais sans se concerter avec ses collègues. En juin, un test, couvrant la matière au programme de l'année, fut préparé grâce aux concours de tous les professeurs de physique. Chacun soumit dix questions au coordonnateur; ce dernier composa un test à l'aide de ces questions. Le tableau II- 1 illustre les rangs des 27 classes qui ont subi le même test. On remarque que les groupes qui ont utilisé les questionnaires en laboratoire se sont classés avantageusement. Les moyennes s'étalaient de 77% à 24%.

Aucune interprétation rigoureuse ne peut évidemment être rattachée aux résultats du tableau II- 1 car il est impossible d'isoler les facteurs responsables de la tendance. Etait-ce les facteurs professeur, groupe, questionnaire, etc.? Aucun moyen ne nous permettait de le savoir. Aucune expérimentation pédagogique n'était d'ailleurs initialement prévue parallèlement à l'implantation du PSSC. L'ensemble des résultats néammoins présenta pour nous un stimulant nous laissant croire en une possibilité d'exploration intéressante dans cette direction: peut-être pourrions-nous concevoir un procédé pédagogique

Tableau II- 1. - Rang des 27 classes à un test commun de physique.

Rang	Avec Questionnaire	Sans Questionnaire
1	X	
2	X	
3	X	
4	X	
5	X	
6		X
7		X
8	X	
9		X
10		X
11	X	
12		X
13		X
14		X
15		X
16		X
17		X
18		X
19		X
20		X
21	X	
22		X
23		X
24		X
25		X
26		X
27		X

nouveau qui, tout en visant les mêmes objectifs que le PSSC, serait par contre mieux adapté à l'ensemble des étudiants.

2.3.3. Mise au point du rapport sommaire

Au cours de l'année scolaire 1966-67, nous avons poursuivi notre travail en tentant d'améliorer les questionnaires. Nous leur avons tout d'abord donné la forme suivante. Tout en haut apparaissait le Titre de l'expérimentation, suivait le sous-titre Expérimentation sous lequel était décrite une procédure de laboratoire, puis le sous-titre Analyse des résultats sous lequel se groupaient un certain nombre de questions ayant pour but de guider l'étudiant dans son analyse, et finalement apparaissait le sous-titre Applications où étaient groupés des exercices directement reliés au contenu de l'expérimentation.

Durant la première moitié de l'année, nous avons expérimenté ces questionnaires mais avec plus ou moins de satisfaction: ils ne semblaient pas représenter une nette amélioration sur les questionnaires de l'année précédente. La structure même de ces questionnaires a donc été remise en question. Puisque l'expérimentation en classe de physique a pour but d'initier l'étudiant à la méthode scientifique, nous avons pensé que cette dernière devait inspirer la structure du questionnaire, c'est-à-dire:

- une période d'observations ayant pour but de sensibiliser l'étudiant à un problème et lui permettre d'émettre des hypothèses,
- une expérimentation visant à vérifier les hypothèses,
- une analyse des résultats amenant des conclusions,
- une série d'applications permettant d'utiliser les nouvelles connaissances acquises.

Un certain nombre de problèmes devaient être préalablement résolus pour que les séances de laboratoire soient en pratique structurées de cette façon. Nous nous demandions en effet dans quelle mesure l'élève était capable d'observer, d'expérimenter, d'analyser. L'expérience antérieure nous avait démontré que ces différentes étapes présentaient des difficultés réelles. Nous verrons d'ailleurs plus loin que cela s'avère plausible si on se réfère à la psychologie. Il fut donc décidé que chacune des étapes devait comporter un certain nombre de questions visant à diriger le novice tout en ne lui enlevant pas l'initiative.

Ainsi structuré, chacun des questionnaires constitue ce que l'on appelle un "Rapport sommaire" par opposition à rapport complet trop souvent exigé des élèves après une séance de laboratoire. Le fait de remettre un rapport complet à la suite d'une expérience a sans

contredit de grands avantages. Un des principaux est d'habituer l'étudiant à préparer un rapport propre et complet: il aura un jour à soumettre aux autorités un tel genre de travail quelle que soit la profession qu'il envisage. Les professeurs qui exigent de tels manuscrits croient également que ce moyen favorise la compréhension et l'assimilation de la matière vue en laboratoire. Est-ce que ces professeurs atteignent réellement les buts proposés?

A notre avis, les buts ne sont atteints que très partiellement. On pèche réellement par excès lorsqu'on exige un rapport complet à la suite de toutes les expérimentations que l'étudiant doit effectuer. Avec une telle exigence, à l'entrain premier qu'éprouve l'élève envers le laboratoire, succède très vite une sorte de dégoût. Le phénomène est facilement explicable si on consulte les élèves à ce sujet. Le mot "laboratoire" ne signifie plus "occasion d'accroître ses connaissances", mais devient très vite synonyme d'une partie de soirée, sinon d'une soirée entière, à rédiger un compte rendu sur une expérience donnée. Et si la dite expérience n'a pas été comprise, on s'efforcera de dénicher un bouquin supposément inconnu du professeur, où on pourra y "emprunter" quelques paragraphes nécessaires à la rédaction d'un rapport complet... Contrairement à ce dernier, le rapport sommaire doit être complété au cours d'une ou plusieurs séances de laboratoire

et déposé à la fin de l'expérimentation. Ce rapport est remis, dûment corrigé, avant la prochaine séance de laboratoire pour que s'amorce en classe une discussion plénière. L'élève ajoute ensuite ses rapports sommaires, corrigés et enrichis par la discussion en classe, à son cahier de physique. Le professeur pourra exiger à quelques reprises au cours de l'année la rédaction d'un rapport complet à la suite d'une discussion en classe d'un rapport sommaire; à ce moment, une telle demande sera beaucoup plus bénéfique.

2.3.4. Principe de gradation dans les rapports sommaires

En plus de suivre les étapes d'une démarche scientifique, le rapport sommaire répond à certaines autres exigences. En voici les principales caractéristiques.

A l'intérieur de chaque rapport sommaire, il existe une gradation dans les questions en vue d'amener l'élève à découvrir la solution du phénomène étudié. Une réponse amène une autre question qui fera progresser l'élève dans sa recherche.

De plus, il existe une évolution dans le degré de dirigisme des rapports sommaires. Notre premier souci n'est pas de proposer une méthode toute faite, mais bien d'aider et de guider dans l'acquisition d'une méthode de recherche et de pensée. Afin d'éviter à l'élève un échec initial, les premières manipulations doivent être faciles et le questionnaire très détaillé dans le but de

l'amener graduellement et sûrement à la découverte de la solution. Cette première étape indispensable, à notre avis, offre le très grand avantage de mettre en confiance le débutant.

Après quelques séances de laboratoire ainsi consitués, l'élève aura acquis une certaine confiance en lui-même et prendra conscience de sa propre capacité de découvrir des phénomènes physiques. A ce moment, il s'agira de commencer à lui faire exécuter des manipulations un peu plus difficiles tout en répondant à un rapport sommaire moins détaillé; l'élève pourra ainsi mieux exercer son initiative et faire ses propres observations.

Un tel processus doit viser le but suivant: à mesure que l'élève améliore ses manipulations et acquiert une méthode de travail en laboratoire, il voit sa capacité de découvrir s'accroître, au même titre que sa liberté du choix de la méthode à suivre. Idéalement l'étudiant devra en venir à ce que son initiative, et sa méthode personnelle soient les seuls facteurs de ses succès. A ce moment, le rapport se réduira à peu de choses. Il y aura encore les mêmes phases de développement: Observations, Expérimentation, Analyse des résultats, Applications, mais les questions, à l'intérieur de chacune de ces phases, seront de moins en moins nombreuses et de plus en plus générales. Un tel but s'avère réalisable vers la fin de la

deuxième année d'un cours de physique[5].

Ce sont de tels rapports sommaires ainsi structurés qui ont été utilisés par une douzaine de classes des deux sexes pendant l'année scolaire 1966-67. Les résultats furent très encourageants. Comparativement à l'année précédente, la majorité des élèves prirent visiblement goût au travail de laboratoire et le rendement fut amélioré. Il ne s'agissait cependant que d'essais empiriques, la majeure partie de nos temps libres étant absorbée par le travail de composition des rapports sommaires. Ces essais n'ont cependant pas été vains puisqu'ils ont permis de roder et d'améliorer textes et schémas.

2.4. Procédé de redécouverte dirigée

2.4.1. Version améliorée du rapport sommaire

On remarque jusqu'ici que notre travail a surtout consisté à élaborer et améliorer un nouveau guide de laboratoire. Le procédé du PSSC, tel que décrit en 2.2., était conservé dans ses phases principales. Encore plus que par la venue des rapports sommaires, ce sont les travaux élaborés au cours de la troisième année qui ont remis en question le procédé de redécouverte du PSSC.

Les professeurs avaient en effet remarqué que les discussions préalables de la phase I, visant à faire naître des interrogations au sujet d'un phénomène physique,

---

(5) Désautels J. et coll., La Physique, science expérimentale Tome II, Dunod Québec, 1970.

n'atteignaient que très partiellement leur but. On remarquait d'une part que seuls les élèves apparemment brillants participaient à la discussion pendant que les autres semblaient perdus et désintéressés après quelques minutes. D'autre part, certains élèves s'ingéniaient à poser des questions dans l'unique but de tuer le temps. La même observation a été faite par le Comité d'évaluation du PSSC en Yougoslavie[6]:

> There are dangers in the class discussion method. The discussion can get too easily sidetracked.

Il a donc été décidé d'éliminer la pré-discussion et de consacrer plutôt ce temps à l'étude en groupe d'un court texte d'introduction se référant à un ou plusieurs exemples concrets du phénomène à étudier. D'une façon plus systématique que la pré-discussion, il s'agissait de sensibiliser concrètement l'élève pour ensuite le diriger vers l'abstrait.

Au cours de la troisième année, nous avons donc éliminé les discussions préalables et les élèves se sont servis de la forme améliorée du rapport sommaire. L'ensemble des sujets furent visiblement mieux sensibilisés aux phénomènes et abordèrent, de ce fait, les séances de laboratoire avec plus de confiance et de motivation.

Dès ce moment, le procédé que nous préconisions

---

(6) Cross Judson B., idem p. 47

se distinguait du procédé du PSSC grâce à des adaptations successives à l'ensemble des élèves. Bien qu'empiriques, ces adaptations devaient être en concomitance avec certaines données récentes de la pédagogie et de la psychologie. Jusqu'ici, il était toutefois difficile de décrire notre travail en y intégrant ces considérations. Ce qui suit décrira le procédé de redécouverte dirigée en précisant les principes sous-jacents et en le distinguant du procédé du PSSC. Cet exposé ne sera pas exhaustif puisque nous y décrirons que les principes qui nous ont effectivement guidés; il y aurait lieu cependant d'élaborer éventuellement une véritable didactique de l'enseignement de la physique, ce qui n'est pas le but de la présente recherche.

2.4.2. Pédagogie

2.4.2.1. Principes

Les principes pédagogiques, qui nous ont guidés dans l'élaboration du procédé de redécouverte dirigée, sont bien résumés par le rapport de La Commission Royal d'Enquête sur l'Enseignement dans la Province de Québec. Voici d'ailleurs en quels terres le Rapport Parent s'exprime[7]:

---

(7) Alphonse-M. Parent et coll., Rapport de la Commission Royale d'Enquête sur l'enseignement, Tome II, Ministère de l'Education du Québec, 1964, p. 15

Fondé sur la psychologie et sur les sciences sociales, la pédagogie vient à l'appui des objectifs proposés ici. La pédagogie a opéré un retour à un enseignement centré sur l'enfant. C'est un lieu commun de dire que l'école est faite pour l'enfant; pourtant on pense trop souvent l'enseignement en fonction des programmes, des maîtres ou de l'école elle-même. Cette préoccupation d'un enseignement centré sur l'enfant a présidé à l'élaboration d'une pédagogie active; celle-ci se propose toujours de partir de l'enfant, de ses intérêts, de son jeu, de son imagination pour développer chez lui la curiosité intellectuelle et l'initiative personnelle. On cherche à éliminer le pédantisme du maître, le carcan des programmes, la passivité de l'enfant. Ce courant de pensée s'inspire des valeurs que nous voulons voir honorer à l'école: respect de l'intelligence, des dons créateurs, de l'esprit de recherche. Systématisé au niveau de la maternelle et de l'école élémentaire, ce courant pédagogique porte en lui un esprit et une intention que l'on devrait aussi retrouver dans l'enseignement secondaire et universitaire.

Le Rapport Parent précise davantage cette notion de pédagogie active:

> L'école active, que nous préconisons, est une notion que tous les futurs maîtres seront invités à approfondir durant leurs années de formation et leurs stages. Il ne suffit pas que tous les élèves d'une classe soient occupés, pour atteindre le véritable but de l'école active; ils doivent être, en même temps, mentalement actifs, c'est-à-dire occupés à apprendre vraiment quelque chose par eux-mêmes. L'activité dont il s'agit est une activité intellectuelle de recherche et de découverte. Bien des contrefaçons de l'école active pourraient faire illusion, conduire à des formes déliquescentes d'enseignement, à la facilité intellectuelle, au lieu d'habituer l'enfant à une attitude interrogative devant la connaissance.

Finalement, le Rapport Parent mentionne les attitudes que le maître doit adopter en relation avec cette pédagogie active:

> Dans cette école où le maître ne se tiendra plus constamment à sa tribune mais participera aux recherches en équipe, travaillera au laboratoire de langues, "fera faire" de la physique et

de la chimie en laboratoire autant et plus même qu'il n'en enseignera théoriquement, les relations du maître et de l'élève et l'atmosphère seront modifiées. L'école se donnant pour mission d'habituer les élèves à apprendre, à comprendre, à travailler verra le maître en train lui aussi de chercher la solution à un problème qui lui a été posé, beaucoup plus souvent qu'en train de transmettre des connaissances livresques constituant un ensemble indigeste: le manuel sera un ouvrage de consultation, comme le dictionnaire, la grammaire; mais l'expérimentation et la recherche personnelle seront une source aussi fréquente et ordinaire de connaissance. On aura des classes interrogation et recherche tout autant que des classes transmission de connaissances.

2.4.2.2. Individualisation de l'enseignement

De façon que l'enseignement de la physique réponde aux critères de la pédagogie active, des mesures concrètes doivent être adoptées.

En premier lieu, le cours ne doit plus s'adresser à une classe entière, mais bien à l'individu, d'où la nécessité d'un instrument de travail approprié permettant le travail individuel. Au cours de son travail, l'élève

rencontrera inévitablement des difficultés et certains centres d'intérêt particuliers. Il faut donc mettre à la disposition des élèves des moyens nombreux et diversifiés qui leur permettront de surmonter les difficultés et de satisfaire les besoins créés par les centres d'intérêt. Parmi ces moyens, citons la participation du professeur, la bibliothèque de classe, les films. les diapositives, les projets de recherche, etc. Remarquons que ces moyens permettent des orientations différentes suivant l'utilisation qu'on en fait. Un élève s'attardera à approfondir tel aspect plutôt que tel autre suivant ses aptitudes et ses goûts.

2.4.2.3. Travail en équipe

La notion de pédagogie active peut difficilement se concevoir sans le travail en équipe. Le nombre d'instruments disponibles ainsi que les difficultés de manipulation compromettent l'efficacité d'un travail individuel. Le travail en équipe devrait d'ailleurs faire partie intégrante de la formation des adolescents. Gaston Mialaret[8] souligne cet aspect important lorsqu'il dit à ce sujet:

> Ce genre d'activités convient parfaitement à des adolescents et devrait avoir une place de choix dans la formation sociale de nos élèves.

---

(8) Mialaret Gaston, Introduction à la Pédagogie, P.U.F. 1967, p. 168.

Il est indéniable que l'homme de demain aura à travailler de plus en plus en équipe: c'est en grande partie à l'école qu'incombe la responsabilité de former les citoyens à cet impératif social.

2.4.3. Description du nouveau procédé

Le procédé de redécouverte dirigée comporte trois phases principales; les rapports sommaires en sont l'ossature.

2.4.3.1. Phase I

Cette première phase débute par un travail individuel. Pour établir son rapport sommaire, l'élève parcourt les étapes suivantes:

INTRODUCTION: Une courte introduction s'impose et permet d'entrer dans le vif du sujet, en partant de phénomènes observés quotidiennement ou de connaissances acquises précédemment.

OBSERVATION: Le procédé préconise un contact direct et immédiat avec le matériel devant servir à l'expérimentation.

Poussés par leur curiosité, les élèves s'empressent vers les tables de travail et entreprennent un bricolage de reconnaissance qu'il serait dommage d'interdire. Les questions viennent par la suite, éparses, confuses. A ce moment-là, plutôt que d'essayer d'intéresser tout le groupe à une discussion, qui s'appuie souvent sur des images confuses et abstraites, nous avons pensé qu'il serait préférable de formuler des hypothèses et de préparer quelques questions orientés vers les grandeurs physiques

impliquées dans le phénomène étudié.

Ces questions, groupées sous le titre OBSERVATION et auxquelles l'élève peut donner une réponse écrite, l'aident à définir ce qu'il doit attendre de l'expérimentation. Il essaie de répondre à ces questions par une observation attentive, mais seulement après s'être adonné à ce bricolage de reconnaissance déjà mentionné. En somme, il s'agit de partir du concret, du connu avant d'aller vers l'abstrait, l'inconnu.

EXPERIMENTATION: Les questions d'observation sont suivies d'explications concernant le montage et la manipulation, et de tableaux prêts à recevoir les mesures; l'ensemble est groupé sous le titre: EXPERIMENTATION.

Le lecteur se rendra compte que le "rapport sommaire" constitue en fait l'infrastructure d'un rapport de laboratoire.

Certains pourront avancer qu'on n'est pas tenu d'exiger de rapport de laboratoire de la part des élèves du secondaire. Nous partageons ce point de vue dans la mesure où la rédaction du rapport doit se faire au propre, après l'expérimentation, souvent comme devoir à la maison et à partir de mesures hâtivement inscrites sur une feuille de brouillon.

Combien d'élèves perdent temps et énergie à tracer et à refaire en deux couleurs quelquefois, des tableaux de mesures, des schémas de montage et finissent par oublier l'essentiel de leur expérimentation ,

c'est-à-dire les mesures elles-mêmes et leur interprétation.

Cependant le "rapport sommaire", par sa structure, est complété en même temps que s'effectue l'expérimentation. Il évite à l'élève un long travail d'écriture inutile tout en lui permettant de garder un compte-rendu ordonné et utile de ses travaux.

L'expérimentation se fait toujours en équipes de trois ou quatre élèves. Pendant que se déroule l'expérimentation, le professeur peut circuler dans le laboratoire, contrôler le travail de chaque équipe au moment même où il s'effectue; il peut être disponible pour chaque élève individuellement et apporter à chacun l'aide qu'il réclame sans délai.

ANALYSE DES RESULTATS: Chaque équipe a obtenu un ensemble de points de mesure. Ces points portés sur un graphique dessineront ou non une courbe particulière. Plus le nombre de points de mesure sera grand, plus il sera facile de reconnaître la courbe représentant la relation entre les deux grandeurs physiques étudiées.

Si le tracé de la courbe n'est pas facile à reconnaître, il faut se garder de la suggérer aux élèves et se garder surtout de déclarer qu'on "devrait" trouver telle courbe si les mesures étaient "bien faites" car se serait annuler le bénéfice de l'expérimentation. On pourra plutôt mettre en commun les mesures de toute la classe et c'est alors que le travail de groupe est

profitable car chacun a quelque chose de valable à apporter.

Si malgré cette mise en commun des résultats, la courbe est encore difficile à reconnaître on pourra élargir le champ de mesures jusqu'à ce que l'on soit raisonnablement sûr de la courbe trouvée.

On pourra ensuite discuter en commun des facteurs extérieurs aux phénomènes étudiés qui ont pu éventuellement perturber les mesures, on pourra se demander si les constantes établies appartiennent à un système d'unités cohérent , et on pourra surtout se demander si la relation que l'on vient d'établir a des limites ou non, et dans l'affirmative essayer de les trouver.

La discussion au niveau de la classe est alors possible car elle s'appuie sur des faits concrets dont chaque élève a une perception suffisante pour pouvoir s'aventurer vers l'abstraction avec profit.

2.4.3.2. Phase II

C'est au cours de la phase II que s'effectue la synthèse par une discussion plénière suscitée et dirigée par le professeur. Le fait d'avoir travaillé le problème, souvent pendant deux ou trois périodes, permet à l'élève de participer avantageusement à une discussion, ce qui n'est pas le cas lorsque la discussion précède l'expérimentation. Lors de cette post-discussion, ceux qui auraient passé à côté du problème, peuvent se ressaisir à la lumière des informations apportées par l'ensemble de la classe. De plus, c'est l'occasion propice

pour le professeur d'enrichir le contenu du cours et d'indiquer des voies pouvant susciter l'intérêt des élèves. Il serait également de mise dans cette phase II de penser à la projection d'un film traitant du sujet à l'étude.

2.4.3.3 Phase III

Au cours de cette phase, l'élève met en application les notions acquises. Le travail peut se faire individuellement ou par groupe. Le professeur joue encore là le rôle d'animateur.

2.4.3.4. Procédé de redécouverte dirigée en comparaison avec le PSSC

Dirigisme et non-dirigisme

Dans la description du nouveau procédé, il n'apparaissait peut-être pas clairement que ce dernier différait sensiblement du PSSC, ni pourquoi celui-ci n'était pas adapté au niveau de tous les élèves. C'est pourquoi nous tenterons de souligner dans ce qui suit les différences essentielles entre les deux procédés ainsi que les raisons psycho-pédagogiques qui les justifient.

On peut qualifier le PSSC de procédé de "redécouverte". On suppose dans ce contexte que l'élève est capable, par son initiative, son imagination, son intuition, bref par ses capacités intellectuelles, de redécouvrir les grands principes de la physique en refaisant le chemin parcouru par les grands savants.

Pour l'aider dans sa démarche, on lui fournit un cahier de laboratoire dans lequel il retrouve quelques

points de repère. La question que l'on est en droit de se demander est la suivante: "L' élève moyen a-t-il atteint le développement mental nécessaire pour effectuer cette démarche?" Plusieurs études démontrent que tel n'est pas le cas.

A propos du test des oscillations d'un pendule, Longeot[9] note que seulement 25% des sujets de 15-16 ans le réussisse.

Voici en quoi consiste ce test:

> Dans l'épreuve des oscillations d'un pendule, il faut établir, par une expérimentation selon le méthode "toutes choses restant égales d'ailleurs", quels sont, parmi quatre facteurs (poids, longueur du fil, hauteur de chute, élan), ceux qui modifient la fréquence et ceux qui ne la modifient pas. Les quatre facteurs sont énumérés et l'enfant doit indiquer ceux qu'il croit efficaces. Il décide lui-même des expériences successives qu'il va faire, l'opérateur se contentant de lui poser quelques questions en cours de route. Quand son attitude n'a pas été totalement incohérente, on lui demande à la fin de résumer ses essais et de conclure à propos de chaque

---

(9) Longeot F., Psychologie différentielle et théorie opératoire de l'intelligence, Dunod, Paris, 1969 p. 71 et 87.

facteur, ceci afin de se rendre compte s'il est convaincu par les résultats de ses expériences ou s'il revient à ses opinions a priori.

Longeot note de plus que 10% seulement de ces mêmes sujets réussissent la moitié des questions formelles B. Ces résultats appellent le commentaire suivant. Ce test des oscillations du pendule constitue un cas relativement simple d'induction expérimentale; il est pourtant réussi que par un nombre restreint d'adolescents de 15-16 ans. On peut facilement deviner les résultats si le test avait demandé en plus, aux-mêmes sujets, de vérifier expérimentalement les hypothèses, de trouver la relation mathématique entre les divers paramètres et généraliser en fonction de la théorie de la gravitation universelle. Il est fort probable que la réussite aurait été beaucoup moins élevé que dans le test original. Et ces résultats n'auraient rien de bien surprenant si on considère cette autre expérimentation conduite par Longeot[10]:

Nous avons eu la curiosité de procéder à une expérimentation avec un groupe de candidats aux concours d'entrée dans un établissement d'enseignement de psychologie appliquée. Les 171 candidats des deux sexes, âgés d'au

---

(10) idem, p. 87.

moins 21 ans et tous au moins bacheliers, ont subi une épreuve de 10 problèmes de type suivant. Etant donné 3 boîtes ordonnées et 3 cubes rangés dans ces boîtes, indiquer toutes les solutions compatibles avec un énoncé de logique interpropositionnelle, par exemple: le cube jaune et le cube bleu sont dans la même boîte, dans la première boîte il y a le cube bleu ou le cube rouge ou le cube jaune, dans la deuxième boîte s'il y a le cube bleu, alors il n'y a pas le cube jaune. Ce problème ne demande aucune ingéniosité, il ne fait appel qu'à la possibilité d'établir une combinatoire, à la compréhension de la logique des propositions et du groupe INRC.

Nous avons eu la surprise de constater qu'il n'a été résolu que par 30 élèves (moins de 15%). Le total des réussites aux 10 problèmes variait de 13 à 53. Un tiers des sujets se montraient incapables d'en résoudre 5 ou davantage. La cause d'échec la plus fréquente est l'omission de plusieurs possibilités, ce qui traduit l'absence d'une méthode systématique dans la recherche des solutions compatibles avec l'énoncé.

On peut alors se demander si les résultats des études de Longeot sont en contradiction avec les conclusions de B. Inhelder et J. Piaget[11]. Nous ne croyons à aucune contradiction car Inhelder et Piaget déterminent les conditions nécessaires pour que l'induction expérimentale soit possible; ils notent que dans certains cas ces conditions sont acquises vers 14-15 ans. On peut difficilement généraliser les conclusions d'Inhelder et Piaget à toute une population du fait que la norme 14-15 ans fut déterminée à partir d'un nombre très restreint de sujets. Quant à nous, la discussion ne porte pas sur les conditions nécessaires à l'induction mais plutôt, en accord avec Longeot, sur le fait qu'un nombre restreint d'individu ont atteint ce stade à l'âge chronologique de 14-15 ans. La même opinion est d'ailleurs formulée par M. Margot[12] lorsqu'il dit en parlant de la méthode heuristique pure:

> D'autre part, nous avons vu que jusqu'à 18 ou 19 ans, elle n'est pas à conseiller parce que la pensée formelle n'est pas encore à maturité.

Dans leur volume consacré à l'adolescence,

---

(11) Inhelder B. et Piaget J., De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent, P.U.F.,

(12) Margot Michel, L'Ecole opérante, Delachaux et Niestlé, 1960, p. 107.

Leif et Delay[13] saisissent bien le problème dans toute sa réalité lorsqu'ils affirment au sujet de l'observation en sciences physiques:

> En physique, l'observation doit être surtout et nécessairement discrimination entre les faits remarquables et interprétation de ceux-ci en vue de l'élaboration et de la construction du réel. Or, de cette discrimination et de cette élaboration, l'adolescent n'est d'abord capable que dans des limites étroites qui maintiennent forcément la pensée au niveau de l'initiation. Elles supposent, en effet, des connaissances préalablement acquises ou apprises et opportunément rappelées dans l'observation. Elles ne sont possibles qu'au moyen d'une opération complexe à laquelle l'adolescent n'accède que très progressivement après 15-16 ans, et qui est à la fois expérience mentale, aperception des éléments conceptuels et des rapports possibles entre ceux-ci.

Au sujet des conditions d'expérimentations, Leif et Delay ajoutent:

---

(13) Leif J. et Delay J., Psychologie et Education, tome II, L'adolescent, Fernand Nathan, 1968, p. 204-206

> En fait, la démarche que l'esprit effectue dans l'expérimentation ne peut logiquement faire suite à celle, inverse, de l'observation, que grâce à des directives qui indiquent ou même prescrivent à la pensée du jeune adolescent les moyens d'éprouver concrètement les notions et les rapports intelligibles dégagés dans l'observation personnelle, et dont il peut alors percevoir objectivement l'adéquation ou l'inadéquation au réel.

Conséquemment, il est difficile d'imaginer qu'une pédagogie de redécouverte simple puisse être appliquée au niveau de la majorité des adolescents. Voici d'ailleurs en quels termes, Leif et Delay jugent de la valeur et de la possibilité d'application de cette pédagogie:

> Il est non seulement impossible de placer un élève au niveau de l'enseignement du second degré et encore moins à celui de l'école primaire dans les conditions d'une recherche laborieuse et généralement difficile qui furent celles des découvreurs, mais encore et surtout, il serait vain sinon absurde de prescrire à des adolescents qui commencent à s'intéresser aux sciences naturelles et aux sciences physiques, des démarches de la pensée que des esprits adultes remarquables et formés à la recherche n'ont pas effectuées sans difficultés.

Vu l'impossibilité d'appliquer intégralement une pédagogie de redécouverte pure dans l'enseignement de la physique aux adolescents, il s'agit donc, sans perdre pour autant les mérites incontestables de l'école active, d'adapter cette pédagogie aux capacité intellectuelles des élèves. C'est à cette conclusion qu'en sont venus plusieurs chercheurs américains lorsqu'ils parlent aujourd'hui de GUIDED DISCOVERY, expression que nous pourrions traduire par REDECOUVERTE DIRIGEE. C'est ce procédé de redécouverte dirigée que l'on retrouve dans le DGL. Ce dirigisme, incarné par le rapport sommaire, évolue en cours de route parallèlement à l'évolution psychologique de l'élève. Cette progression est nécessaire pour que l'adolescent en vienne à acquérir une autonomie véritable.

2.4.4. Psychologie de l'adolescence

Jusqu'ici nous nous sommes attardés aux capacités intellectuelles de l'adolescent, il existe cependant d'autres aspects de sa psychologie qui militent en faveur d'un dirigisme décroissant.

2.4.4.1. Crise d'indépendance

Voici en quels termes, Thérèse Gouin-Décarie[14] décrit la crise d'indépendance des adolescents:

Toute une partie de lui-même tend vers

---

(14) Gouin-Décarie Thérèse, De l'adolescences à la maturité, Fides, Montréal 1955, p. 71.

> l'indépendance et sa révolte contre l'autorité n'est qu'une manifestation de ce vouloir d'autonomie. Par ailleurs, des forces régressives lui font désirer le retour à l'enfance (...). A aucune époque de sa vie, il ne sera aussi influençable aussi sujet à la subordination absolue qu'à ce moment de son existence où il réclame, à grands cris, l'indépendance totale.

Cette crise d'indépendance est donc caractérisée par une ambivalence. Conséquemment tout en fournissant à l'adolescent l'occasion de travailler à sa propre formation, il faut aussi discrètement le guider puisqu'il n'est pas et ne tient pas à être complètement laissé à lui seul. Le rapport sommaire représente ce cadre à l'intérieur duquel l'adolescent exerce de plus en plus son initiative.

2.4.4.2. La raison raisonnante

Thérèse Gouin-Décarie[15] parle du raisonnement de l'adolescent de la façon suivante:

> Il (l'adolescent) raisonne pour raisonner. il n'est guère préoccupé de la vérité qui peut jaillir d'une dialectique rigoureuse. Non c'est la joie de jongler avec les idées qui l'entraîne; ce qui fait que l'on a appelé l'adolescence "l'âge de la raison raisonnante".

---

(15) idem, p. 105

Conséquemment on doit suggérer à l'adolescent une démarche à suivre sinon il risque de se perdre et divaguer n'attachant aucune importance au lien existant entre ses pensées et le réel.

2.4.4.3. Identification au héros

Tous les auteurs s'accordent à dire que, dans sa quête pour se découvrir lui-même, l'adolescent ressent le besoin de s'identifier à plusieurs héros. Il est précisément du ressort de l'éducation de provoquer des identifications saines faisant contre partie à certains entourages de l'adolescent qui lui suggèrent des individus d'un acabit souvent douteux. L'adolescent, travaillant lui-même et parcourant le même chemin des grandes découvertes, pourra s'identifier aux Galilée, Copernic, Newton, Mariotte et autres.

Pour cela, il faut à tout prix éviter que l'adolescent subisse un ou plusieurs échecs au moment où il aborde la physique pour la première fois. Ces insuccès conduisent trop souvent à une inhibition qui s'installe à demeure. Cet aspect est très bien souligné par Origlia et Ouillon[16]:

> On a vu que, souvent chez les adolescents, on constate une projection de soi en idéal élevé.

---

(16) Origlia D. et Ouillon H., L'Adolescent, Editions sociales françaises, Paris, 1968, p. 203.

> Comme la réalité permet très rarement la satisfaction des ambitions personnelles, il est certain que la plus grande partie des sujets éprouvent un sentiment de frustration. (...) Une inhibition se manifeste alors qui frappe d'abord le désir d'apprendre.

D'où la nécessité du dirigisme étroit du début assurant à l'adolescent ses premières réussites. Il pourra alors s'identifier sainement et progresser dans ses nouvelles connaissances.

2.4.4.4. Subjectivité de l'adolescent

Par une étude expérimentale, Peel[17] a démontré qu'en général les élèves de 13½ ans et moins portent des jugements superficiels se basant sur des causes secondaires au problème. Ce n'est qu'à partir de 14 ans que l'adolescent commence à développer la capacité d'expliquer un phénomène en tenant compte de tous les aspects importants.

Si l'adolescent acquiert la capacité de raisonner, cela ne signifie donc pas qu'il puisse accéder facilement à des conclusions valables. Un des facteurs qui l'en empêche est sa subjectivité comme le soulignent Oriqlia et Ouillon[18]:

---

(17) Peel E.A., A Study of Differences in the Judgments of Adolescent Pupils, dans British Journal of Educational Psychology, 1966, 36 (1), p. 77-86

(18) Oriqlia D. et Ouillon H., idem, p.84

> L'élément subjectif est tellement prépondérant qu'il se mêle aux données du réel et parfois les recouvre jusqu'à les faire disparaître.

Le rôle du rapport sommaire est de guider l'adolescent et l'empêcher ainsi de perdre du temps sur des aspects négligeables ou étrangers au problème.

2.4.5. Pré-discussion et post-discussion

Nous suggérons l'élimination de la pré-discussion préconisée par le PSSC. Rappelons que cette pré-discussion, ayant pour but de faire surgir des questions et des problèmes qui trouveront solution dans l'expérimentation, n'atteint pas en réalité ses objectifs car la discussion se situe alors à un niveau abstrait. Bon nombre d'élèves s'y désintéressent rapidement; seuls quelques sujets de niveau supérieur y prennent goût. Nous avons trouvé plus utile de remplacer la pré-discussion par une courte introduction écrite, se référant à des situations concrètes, et par une série d'observations en laboratoire.

Quant à la post-discussion, bien qu'existante dans les deux procédés, elle n'en demeure pas moins différente à cause de la préparation distincte des étudiants. Elle aura d'autant plus de valeur que les connaissances acquises antérieurement seront plus claires. C'est pourquoi la post-discussion, surtout au niveau des élèves moyens, semble plus profitable dans le procédé de redécouverte dirigée.

2.5. Conclusion

Le chapitre II présente par comparaison la nature spécifique du procédé de redécouverte simple et celle du procédé de redécouverte dirigée.

Lequel des deux procédés est le meilleur? Ce serait mal poser le problème que d'énoncer une telle interrogation. Ce serait croire à l'existence possible d'un procédé universel alors que nous croyons a priori à la présance possible d'un procédé pédagogique, quel qu'il soit, dans des conditions bien spécifiques. Le prochain chapitre situera le problème dans son optique propre. A ce stade-ci, il s'agissait cependant d'évaluer théoriquement la valeur du procédé de redécouverte dirigée afin de s'assurer que la démarche entreprise ne conduise pas inéluctablement à une impasse.

C H A P I T R E I I I

SCHEMA EXPERIMENTAL

CHAPITRE III: SCHEMA EXPERIMENTAL

3.1. Enoncé du problème

Plusieurs procédés pédagogiques sont actuellement en usage dans l'enseignement de la physique au Québec. Depuis une dizaine d'année, plusieurs nouveaux procédés ont bousculé la façon traditionnelle d'enseigner la physique. Est-ce que ces nouveaux procédés, axés sur l'expérimentation et une plus grande participation s'avèrent plus efficaces que la méthode du "tableau noir"? Lequel de ces procédés est le plus adapté à un groupe donné d'élèves d'âge, de sexe, de milieu socio-économique, de capacité intellectuelle et d'intérêts déterminés? Ces questions et plusieurs autres se posent dans les cercles intéressés à l'enseignement de la physique. Les opinions sont très partagées, et pourtant chacun ressent la nécessité d'éclaircissements sur le sujet.

Aucune expérimentation scientifique locale n'a encore été faite pour juger de l'efficacité de ces nouveaux procédés. Certains essais empiriques ont été effectués ici et là, mais faute de critères scientifiques de jugement aucune conclusion valable n'a pu en être retirée. Les partisans de ces nouveaux procédés pédagogiques disent se fonder sur des résultats d'expérimentations effectuées à l'étranger, lesquels résultats s'avèrent contradictoires si on analyse tant soit peu ces expérimentations (chapitre I). En plus, ces résultats d'expérimentations semblent ne pas

vouloir se répéter au Québec si on en juge par l'expérience de plusieurs professeurs de physique oeuvrant au niveau secondaire et par le nombre toujours élevé d'échecs dans cette discipline comparativement aux autres matières.

Où se trouve la vérité? Personne ne le sait, et ne le saura jamais à moins que des expérimentations scientifiques locales puissent jeter un peu de lumière sur cette situation confuse. Les élèves font trop souvent les frais des tentatives plus ou moins heureuses dans l'enseignement de la physique.

3.2. Objectifs de la recherche

Conscients de plusieurs problèmes posés par l'enseignement de la physique, nous nous proposons, comme point de départ de recherches dans ce domaine, de comparer expérimentalement les principaux procédés pédagogiques en usage dans l'enseignement de cette discipline au Québec. Deux buts spécifiques ont été fixés:

3.2.1. Efficacité

Juger de l'efficacité des procédés pédagogiques actuels d'enseigner la physique en fonction de l'âge, du sexe, du milieu socio-économique, des capacité intellectuelles et des intérêts de différents groupes d'élèves afin de déterminer lequel des procédés pédagogiques est le plus efficace dans chacun des cas.

3.2.2. Normes

Etablir des normes de sélection qui permettraient des regroupements plus réalistes et plus efficaces. Sans

pour autant rejeter l'hypothèse, nous ne croyons pas a priori qu'un procédé, quel qu'il soit, puisse s'appliquer intégralement à l'ensemble de la population étudiante. Selon les caractéristiques d'un groupe d'élèves, il est fort probable qu'un procédé soit plus approprié qu'un autre.

3.2.3. Conclusion

Il s'agit donc de déterminer, par une étude expérimentale, le procédé pédagogique répondant aux besoins, qualités et aptitudes de chacun des groupes d'élèves en vue d'une procédure de regroupement plus réaliste.

Par cette expérimentation, nous n'avons pas la prétention de vouloir résoudre une fois pour toutes les problèmes inhérents à l'enseignement de la physique, ni même d'épuiser les buts de la présente recherche. Cette dernière apportera sans doute beaucoup d'autres points d'interrogation, mais au moins nous espérons qu'elle indiquera quelques premières lignes de conduite et, qu'en déblayant ainsi le terrain, nous pourrons de mieux en mieux et de plus en plus efficacement orienter les recherches et l'enseignement dans ce domaine.

3.3. Hypothèses

3.3.1. Considérations préalables

Le travail que nous avons effectué et notre expérience de l'enseignement de la physique au niveau secondaire, au cours des trois années précédant le début de cette recherche, nous ont amenés à formuler certaines

hypothèses quant à l'efficacité de divers procédés pédagogiques. Les considérations suivantes nous ont guidés dans cette formulation. Il est à noter que ce qui est entendu par les qualificatifs "forts", "moyens" et "faibles" dans ce qui suit sera défini plus rigoureusement à l'analyse des résultats. C'est en effet à ce moment que nous saurons lesquels des facteurs se sont avérés les plus prédictifs en ce qui concerne le rendement en physique.

3.3.1.1. Elèves forts

En ce qui concerne les élèves les plus forts, nous croyons que leur capacité d'abstraction, leurs aptitudes intellectuelles et leur intérêt marqué pour les sciences leur permettront de s'accomoder de n'importe quel procédé pédagogique, et d'obtenir d'excellents résultats dans leur apprentissage de la physique. Il ne faut pas oublier que des générations de physiciens ont été formés par des procédés pédagogiques traditionnels.

3.3.1.2. Elèves moyens et faibles

Au sujet des moyens et des faibles, nous croyons qu'un procédé pédagogique de type redécouverte dirigée fournit le support concret dont ces étudiants ont besoin. En étudiant concrètement les phénomènes de la nature, ces deux catégories d'élèves pourront obtenir de meilleurs résultats et atteindre des objectifs cognitifs supérieurs. Par expérience personnelle, nous croyons qu'un procédé de redécouverte dirigée favorise un meilleur rendement des élèves. A notre avis, le principal défaut des procédés

de type expérimental est de croire que l'adolescent possède a priori une formation scientifique et peut évoluer avec la même aisance qu'un physicien en laboratoire. Si l'humanité a mis des siècles à découvrir la deuxième loi de Newton, comment peut-on s'attendre qu'un adolescent puisse la redécouvrir de lui-même en quelques cours?

3.3.2. Formulation des hypothèses

Hypothèse no. 1

Pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé de redécouverte dirigée permettra aux élèves d'obtenir des résultats statistiquement supérieurs à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom[1], comparativement aux résultats obtenus par des élèves ayant étudié la physique selon d'autres procédés pédagogiques.

Hypothèse no. 2

Dans le cas des élèves forts, pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, les résultats à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom seront statistiquement indépendants du procédé pédagogique utilisé.

Hypothèse no. 3

Dans le cas des élèves moyens, pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé

---

(1) Benjamin S. Bloom, Marcel Lavallée trad., Taxonomie des objectifs pédagogiques, tome I: domaine cognitif, Education Nouvelle, Montréal, 1969.

de redécouverte dirigée permettra des résultats statistiquement supérieurs à ceux obtenus en suivant un procédé de type traditionnel, relativement à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom.

Hypothèse no. 4

Dans le cas des élèves faibles, pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé de redécouverte dirigée permettra des résultats statistiquement supérieurs à ceux obtenus en suivant un procédé de type traditionnel, relativement à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom.

Hypothèse no. 5

Dans le cas des élèves moyens, pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé de redécouverte dirigée permettra des résultats statistiquement supérieurs à ceux obtenus en suivant un procédé de type expérimental non dirigé, relativement à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom.

Hypothèse no. 6

Dans le cas des élèves faibles, pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé de redécouverte dirigée permettra des résultats statistiquement supérieurs à ceux obtenus en suivant un procédé de type expérimental non dirigé, relativement à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom.

3.4. Buts de l'enseignement de la physique

Afin de bien comprendre les critères à partir desquels nous pourrons juger de la réussite ou de l'échec d'un procédé pédagogique, il est nécessaire de définir les buts principaux de l'enseignement de la physique. Il s'agira ensuite de constater comment chacun des procédés favorise ces divers buts.

A l'étude des divers programmes de physique promulgués ces dernières années, on constate que les objectifs généraux et particuliers de l'enseignement de la physique peuvent se résumer à deux buts principaux:

A) acquisition de connaissances factuelles,

B) développement d'une pensée et d'une méthode scientifique de travail.

L'acquisition des connaissances factuelles comprend l'acquisition des lois, des principes, des théories ainsi que leurs applications. La méthode scientifique comprend le développement du sens de l'observation, de l'esprit critique, d'une attitude qui tend vers celle de l'homme de sciences.

C'est ce qui ressort également d'une rétrospective de Lewis[2] donnant un aperçu des principales études qui, au cours des trente dernières années, ont été consacrées aux objectifs de l'enseignement des sciences.

---

(2) Lewis D.G., Objectifs visés dans l'enseignement des sciences, dans Educational Research, G.B., 1965,7, no.3, 186-199, cité dans Bulletin signalétique du C.N.R.S., 19-24, vol. xx, no. 4, 1966, 20-20-7976.

Dans une autre étude, Lewis[3] fait un rappel des travaux portant sur les objectifs de l'enseignement des sciences et suggère un parallèle entre ces deux grandes catégories des objectifs et la classification des objectifs cognitifs de Bloom. Le tableau III-1 synthétise les conclusions de Lewis.

C'est en fonction des résultats à un examen de type objectif structuré selon la taxonomie de Bloom que seront comparés les divers procédés pédagogiques. Dans cet examen, les catégories 4.00, 5.00 et 6.00 ont été regroupées en une seule que nous avons appelée "Evaluation". Vu que l'examen ne couvre qu'une partie restreinte du programme de physique, un tel regroupement s'est avéré nécessaire à cause du trop petit nombre de questions type choix multiples pouvant être demandées dans chacune de ces trois catégories. Pour une description plus détaillée du contenu du test de physique, nous référons le lecteur aux chapitres VI et VII du rapport complet original, et au chapitre VIII pour une discussion plus élaborée sur les buts de l'enseignement de la physique.

3.5. Procédés pédagogiques

De façon à effectuer une étude expérimentale

---

(3) Lewis D.G., Ability in Science at Ordinary Level of the General Certificate of Education, dans The British Journal of Educational Psychology, nov. 1967, vol. XXXVII, part 3, p. 361-370.

Tableau III-1.-Buts de l'enseignement de la physique en fonction des objectifs de la taxonomie de Bloom.

TAXONOMIE DE BLOOM	OBJECTIFS DE L'ENSEIGNEMENT DE LA PHYSIQUE
1.00 Acquisition des connaissances.	
2.00 Compréhension	A. Acquisition des connaissances factuelles.
3.00 Application	
4.00 Analyse	
5.00 Synthèse	B. Méthode scientifique.
6.00 Evaluation	

comparative des divers procédés pédagogiques actuellement en usage, il fallait en premier lieu cerner chacun d'entre eux et en définir les cadres distinctifs. Nous avons ainsi déterminé plusieurs procédés pédagogiques que nous décrivons ci-dessous. On conçoit que d'autres procédés pédagogiques puissent s'ajouter ou que d'autres décrits ci-dessous puissent disparaître. La liste qui suit n'était que temporaire; ce n'est qu'après consultations des professeurs désireux de participer à l'expérimentation qu'elle est devenue définitive.

La détermination des procédés pédagogiques fut très délicate et importante, car d'une part la détermination, tout en cernant un procédé pédagogique réellement en usage, ne devait laisser place qu'à une seule interprétation, et d'autre part devait fournir les cadres à l'intérieur desquels un professeur participant à l'expérimentation devait évoluer. On notera qu'il était de toute première importance que le professeur s'astreigne à un de ces cadres sinon les comparaisons n'auraient pu se faire.

3.5.1. Définition des procédés-pédagogiques

3.5.1.1. Procédé no. 1

Les élèves travaillent principalement en groupes au laboratoire AVANT même d'aborder la théorie. Pendant la séance de laboratoire, le professeur passe de groupe en groupe et discute avec les élèves de l'expérimentation en laissant aux élèves l'initiative de trouver solutions à

leurs problèmes. A la suite du laboratoire, l'élève remet un rapport et le professeur discute en séance plénière des résultats obtenus et de la théorie qui s'y rattache. Fait suite, si nécessaire, une séance de travaux pratiques où les élèves travaillent en groupe. L'attitude du professeur est à ce moment la même que pendant une séance de laboratoire.

Il est à remarquer que le procédé no. 1 peut se scinder en deux dépendant du degré de dirigisme apporté à l'élève lors des séances de laboratoire. Le procédé no. 1A serait le précédé de redécouverte dirigée et le procédé no. 1B un procédé de redécouverte faisant appel à plus d'initiative de la part de l'élève. Le chapitre II fait la distinction entre ces deux procédés expérimentaux.

3.5.1.2. Procédé no. 2

L'organisation du cours est la même qu'au procédé no. 1, excepté qu'avant chacune des séances de laboratoire, l'élève est sensibilisé à la théorie par une discussion plénière suscitée et dirigée par le professeur.

3.5.1.3. Procédé no. 3

L'enseignement se fait principalement au tableau. Des expériences démonstrations sont effectuées devant la classe par un ou plusieurs élèves ou le professeur. Une ou plusieurs séances d'exercices pratiques suivent durant lesquelles les étudiants travaillent en groupe. Le professeur

explique de temps à autre un problème difficile au tableau.

3.5.1.4. Procédé no. 4

L'enseignement se fait exclusivement au tableau sans expérimentation de la part de l'élève ou du professeur. Pendant les séances de problèmes, les élèves travaillent individuellement. Le professeur explique de temps à autre un problème difficile au tableau.

3.5.1.5. Procédé no. 5

L'organisation du cours est la même qu'au procédé no. 3, excepté que pendant les séances de problèmes les élèves travaillent individuellement.

3.5.1.6. Procédé no. 6

L'enseignement se fait principalement au tableau. Les élèves vérifient par la suite en laboratoire la théorie apprise en classe. Pendant la séance de laboratoire, le professeur passe de groupe en groupe et exerce son contrôle. Pendant les séances de problèmes, les élèves travaillent en groupes. Le professeur explique ici et là un problème difficile au tableau.

3.6. Schéma de l'expérimentation

3.6.1. Début de l'expérimentation

De façon à caractériser l'échantillon, tous les élèves seront soumis aux tests suivants:

- Test de facteur G (quotient intellectuel).
- Test de raisonnement à support spatial, verbal et numérique.
- Test d'intérêt.

- Test de compréhension de lecture.

La raison qui motive l'utilisation de ces tests est que ces derniers se sont révélés à l'expérience les plus valides en ce qui concerne le pronostic de la réussite scolaire en physique. Nous pourrons ainsi caractériser l'échantillon, chacune des classes et chacun des élèves participant à l'expérimentation.

3.6.2. Expérimentation

3.6.2.1. Programme

Les divers sujets d'étude au programme de l'expérimentation sont les suivants:

- Notions de force.
- Loi de Galilée (1ère de Newton).
- Deuxième loi de Newton.
- Chute des corps.

Avant d'aborder les quatres points du programme qui précède, il est entendu que les étudiants devront avoir étudié préalablement les notions de cinématique nécessaires à l'étude de la dynamique.

Le choix des notions physiques ci-dessus mentionnées est justifié au chapitre VI du rapport complet original.

3.6.2.2. Durée

Le temps consacré à l'étude des points du programme est laissé à la discrétion du professeur compte tenu du temps mis à sa disposition, de son expérience de

l'enseignement et du degré de compréhension des élèves. Au risque d'intervenir indûment dans la marche normale des écoles expérimentales, il a été impossible de fixer une durée constante à l'expérimentation.

Pour une classe donnée d'élèves, la durée totale de l'expérimentation ne devrait cependant pas dépasser deux mois. S'il existait une différence appréciable entre les temps d'apprentissage, l'analyse des résultats devra en tenir compte.

3.6.3. Fin de l'expérimentation

Une semaine après la fin de l'expérimentation, un test de physique, portant sur les quatre points au programme, sera administré aux élèves. Ce test d'une durée de 2h30 comporte 50 questions de type objectif.

Les chapitres VI, VII et VIII du rapport complet original décrivent en détail la nature et la structure du test de physique.

3.7. Tests et autres instruments de mesure

3.7.1. Pré-tests

Trois pré-tests ont été utilisés:

1) Batterie générale de tests d'aptitudes BGTA (parties 2,3,4 et 6).
   - facteur G,
   - raisonnement à support spatial, verbal et numérique.
2) Service d'admission au collège et à l'université

SACU (partie 2).

- compréhension de lecture.

3) Inventaire 200.

- test d'intérêts.

Le chapitre IV du rapport complet original traite de façon plus spécifique de la nature et de la structure de ces divers pré-tests.

3.7.1.1. Facteur g

Au cours d'études factorielles sur la réussite scolaire, bon nombre d'auteurs, dont Lewis[4] et Bernhardt[5] concluent que le facteur g (intelligence) est fortement relié à la réussite scolaire. Ce test nous permettra aussi de caractériser chacun des échantillons en ce qui concerne le facteur g.

3.7.1.2. Facteur raisonnement

Lewis[6], au cours d'une étude sur la réussite scolaire en sciences, a montré qu'un facteur raisonnement (spatial, verbal, numérique) était fortement relié à la réussite scolaire en ce qui concerne l'aspect évaluation (analyse, synthèse, évaluation) des objectifs de la taxonomie de Bloom. Dans une étude précédente[4], ce même

---

(4) Lewis D.G., The Factorial Nature of Attainment in Elementary Science, dans The British Journal of Educational Psychology, février 1964.

(5) Bernhardt F.L., Factors predicting seventh grade students for an achievement in science, dans Dissertation Abstracts, août 1966, vol. 27, no. 2.

(6) Lewis D.G., Ability in science at Ordinary Level of the General Certificate of Education, dans The British Journal of Educational Psychology, novembre 1967.

auteur avait d'ailleurs montré que la réussite scolaire en physique était relié au facteur spatial. De plus, Xuan[7], dans une étude portant sur les aptitudes et la réussite scolaire a conclu que les aptitudes (spatial, verbal et numérique) constituaient un meilleur pronostic que le facteur g en ce qui concerne la réussite scolaire. Ce groupe de tests servira ainsi à mieux caractériser chacun des échantillons.

3.7.1.3. Compréhension de lecture

Bernhardt[5], au cours d'une étude des facteurs prédisant la réussite scolaire en sciences, a montré que le facteur compréhension de lecture était celui qui est le plus fortement relié à la réussite scolaire en sciences. D'après le même auteur, les facteurs les plus fortement reliés à la réussite scolaire en sciences sont dans l'ordre: compréhension de lecture, arithmétique et quotient intellectuel. Les deux derniers facteurs sont inclus dans les tests du groupe 1.

3.7.1.4. Test de connaissances

Xuan[7], s'appuyant sur une étude de Bacher et Reuchlin[8], déduit que les tests de connaissances de type

---

(7) Yuan N., Aptitudes définies par les tests et réussites dans l'enseignement secondaire, dans Bulletin de Psychologie, numéro spécial 1967, Université de Paris.
(8) Bacher F. et Reuchlin M. cités par Zuan N., Aptitudes définies par les tests et réussites scolaires dans numéro spécial 1967, Université de Paris.

objectif, en français et en mathématiques, se révèlent les plus valides en ce qui concerne le pronostic de la réussite scolaire ultérieure. Au sujet de l'aspect mathématique, cette conclusion est en accord avec celle formulée par Bernhardt[5].

3.7.1.5. Test d'intérêts

L'Inventaire 200 est inclus afin de connaître les divers degrés d'intérêt des élèves, notamment à l'égard de l'étude de la physique, au début de l'expérimentation.

3.7.2. Test de physique

Tel que mentionné précédemment, le test de physique a pour but de donner des mesures permettant la comparaison des divers procédés pédagogiques et d'éprouver les hypothèses.

3.7.3. Dossier de l'élève

En plus de contenir les résultats à ces divers tests, le dossier initial de chaque élève comprendra son âge, son sexe, une cote de son milieu socio-économique, etc. On y inscrira également toutes ses réponses au test de physique ainsi que sa note de l'examen de fin d'année du Ministère de l'Education.

3.7.4. Fiche de travail

Après chacun des cours, le professeur participant à l'expérimentation devra compléter une fiche de travail, et faire parvenir ces renseignements le plus tôt possible aux responsables du projet. La fiche de travail vise un

double but:

A) Elle permettra aux responsables du projet d'obtenir des renseignements sur chacune des classes participant à l'expérimentation. Ces renseignements seront d'une très grand utilité pour assurer la bonne marche de l'expérimentation et pour interpréter les résultats.

B) La fiche de travail permettra au professeur de prendre conscience de sa façon d'enseigner et de constater ainsi s'il respecte les cadres du procédé pédagogique qu'il s'est engagé d'utiliser.

3.8. Analyse des résultats

A ce stade-ci, le plan d'analyse des résultats ne peut être défini que dans ses grandes lignes. Il faudra attendre les résultats des analyses factorielle et/ou de régression multiple afin de déterminer lesquelles des variables indépendantes sont les plus prédictives du succès en physique. Un plan d'analyse plus précis pourra alors être construit en toute connaissance de cause.

L'analyse des résultats a pour but premier de vérifier les grandes hypothèses de cette recherche. Elle comprendra les étapes principales suivantes:

A) Analyse de la co-variance en tenant compte des pré-tests dans le but d'obtenir des

échantillons équivalents pour chacun des procédés pédagogiques.

B) Analyse multifactorielle de la variance, en tenant compte des facteurs sexe, âge, milieu socio-économique, sciences ou non-sciences, dans le but de comparer les procédés pédagogiques quant au rendement au test de physique.

C) Analyse factorielle et/ou une analyse de régression multiple afin de déterminer les variables les plus importantes.

D) Analyse multifactorielle de la variance en considérant les élèves faibles, moyens et forts de chacun des procédés pédagogiques.

Préalablement aux étapes décrites ci-haut, un plan d'analyses descriptives devra être exécuté dans les buts:

1) d'obtenir des indices pour mieux planifier l'analyse finale des résultats,

2) de calculer diverses statistiques nécessaires à l'élaboration des chapitres V, VI, VII et VIII du rapport complet original,

3) et d'obtenir des distributions de fréquences qui illustreront les résultats de l'analyse finale.

Ce plan, comprenant près de 1400 analyses, est consigné à l'appendice III-3 du rapport complet original.

C H A P I T R E IV

INSTRUMENTS DE MESURE

CHAPITRE IV: INSTRUMENTS DE MESURE

PREMIERE PARTIE

PRE-TESTS

4.1. Remarques préliminaires

Tel qu'expliqué précédemment, les tests du début de l'expérimentation ont pour double but de caractériser l'échantillon et de prédire la réussite scolaire en physique. A l'analyse des études citées, il nous est apparu indispensable de caractériser chacun des sujets au moyen de:

1. test de facteur G (intelligence),
2. test de raisonnement à support spatial,
3. test de raisonnement à support verbal,
4. test de raisonnement à support numérique,
5. test de compréhension de lecture,
6. test d'intérêts.

Nous devions donc arrêter notre choix sur une batterie de tests en s'assurant de la validité de ces derniers, tout en se soumettant à la contrainte imposée par le fait que nous ne pouvions naturellement employer que les test disponibles au Québec, lieu de l'expérimentation. Autant que faire se peut, les résultats à ces divers tests devaient être en plus utilisables par les conseillers en orientation dans les écoles participantes au projet.

Nous avons alors rencontré plusieurs conseillers en orientation et psychologues afin d'obtenir un inventaire des tests utilisés dans le milieu scolaire ainsi que leurs avis sur la valeur de ces épreuves. Nous avons poursuivi nos

consultations auprès de l'équipe Mesure et Evaluation de l'Institut de Recherche Pédagogique du Ministère de l'Education du Québec. Enfin, nous avons consulté l'Institut de Recherches Psychologiques de Montréal, maison spécialisée dans l'administration, la composition et l'adaptation de tests psychologiques.

Ces diverses rencontres nous ont beaucoup aidés à arrêter notre choix sur une batterie de tests qui satisfait à la fois les personnes consultées et les contraintes énumérées précédemment. Le présent chapitre se propose d'identifier sommairement chacun de ces tests.

4.2. Inventaire 200

L'inventaire 200 est un instrument psychométrique qui se propose d'inventorier les dix facteurs d'intérêts de Thurstone au moyen d'items présentés sous forme de titres plausibles d'articles de journaux. Disponible au Québec depuis septembre 1968, l'Inventaire 200 a été conçu par Jean Gaudreau et Claude Cataford[1] en respectant les qualités métrologiques prescrites par l'American Psychological Association (1954). En retenant les qualités du Thurstone Interest Schedule, les auteurs ont tenté d'en éviter les faiblesses telles que formulées par Frederiksen et Super.

---

(1) Jean Gaudreau et Claude Cataford, Inventaire 200: Test d'intérêts personnels et professionnels, Institut de Recherches Psychologiques Inc., Montréal, 1968.

4.3. Batterie générale de tests d'aptitudes

La batterie générale de tests d'aptitudes (BGTA)[3] a été élaborée par le Ministère du Travail du gouvernement américain. Cette épreuve psychologique est utilisée à l'échelle nationale des Etats-Unis depuis le mois de janvier 1962. La traduction et l'adaptation françaises ont été réalisées par l'Institut de Recherches Psychologiques[4] de Montréal, Québec. Ce test est utilisé au Québec depuis 1965.

Seules les parties 2,3, 4 et 6 du BGTA ont été administrées aux sujets expérimentaux. Ces tests permettent d'obtenir pour chacun des élèves des scores d'aptitudes en facteur G (intelligence), verbalisation V, numération N et spatialisation S.

4.4. Tests SACU

Les tests SACU (Service d'admission au Collège et à l'Université) sont élaborés conjointement par l'Institut de Recherche Pédagogique du Ministère de l'Education du Québec et l'Ontario Institute for Studies in Education. Etant donné que l'enseignement, les normes et les méthodes de classement des écoles secondaires varient de façon

---

(3) General Aptitude Test Battery, B-1002, January 1962, United States Department of Labor, Arthur J. Goldberg Secretary, Bureau of Employment Security, Robert C. Goodwin Director, Washington 25, D.C.

(4) Jean-Marc Chevrier, trad., Batterie générale de tests d'aptitudes (B-1002), Institut de Recherches Psychologiques Inc., Montréal, septembre 1965.

considérable , il est souvent difficile de juger des capacités d'un élève d'après son seul dossier scolaire. Les préposés à l'admission des collèges et des universités ont parfois besoin d'une mesure d'évaluation commune à tous les impétrants. Les tests du SACU fournissent cet instrument qui permet de sélectionner les étudiants.

Etant donné que la compréhension de lecture s'est avérée un facteur prédictif du succès en physique, nous nous sommes adressés au Service d'admission au Collège et à l'Université dans le but d'obtenir un test applicable au Québec et le plus apte à mesurer cette capacité. Le SACU nous a conseillé et permis d'utiliser la section II du TAGEPS édition 1968.

4.5. Correction des pré-tests

4.5.1. Inventaire 200

Afin d'assurer la plus grande objectivité possible des résultats, nous avons tenté d'obtenir les services de correcteurs non impliqués dans l'expérimentation. Le laps de temps relativement long nécessaire à la correction de l'Inventaire 200 (environ 1300 copies) et un budget de recherche ne pouvant assumer les frais d'engagement de correcteurs nous ont obligés à effectuer nous-mêmes le travail.

La correction terminée, un numéro distinct a été attribué à chacune des copies du test dans le but de

vérifier cette première correction en reconsidérant au hasard 80 exemplaires de chacune des dix parties du test. Ce choix a été guidé par la table de nombres au hasard de Fisher et Yates, ainsi que par le graphique modifié de Miss F. Thorndike. En n'obtenant pas plus que deux erreurs à la correction de chacune des parties du test, il y a 95% de chance que la correction entière ne comprenne pas plus que 1% d'erreur.

4.5.2. BGTA

La correction entière des quatre parties du BGTA a été effectuée à l'aide de grilles par une personne hors de l'expérimentation et employée par l'équipe Mesure et Evaluation de l'Institut de Recherche Pédagogique du Ministère de l'Education du Québec.

Cette correction a ensuite été vérifiée en recorrigeant 80 exemplaires choisis au hasard de chacune des quatre parties du test selon la même procédure expliquée précédemment.

Les notes brutes de chacun des sujets expérimentaux, à chacune des parties du BGTA, ont ensuite été traitées par informatique en vue de la transformation de ces notes en scores d'aptitudes aux facteurs G, Spatial, verbal et numérique. Ce travail a été effectué par le Service d'Informatique du Ministère de l'Education du Québec à l'aide des normes indiquées dans le manuel d'administration du BGTA.

4.5.3. SACU

La correction entière du pré-test de compréhension de lecture a été effectuée à l'aide de grilles par une personne habituée à un tel genre de travail et employée par l'équipe Mesure et Evaluation de l'Institut de Recherche Pédagogique du Ministère de l'Education du Québec. Le correcteur était complètement étranger à l'expérimentation faisant l'objet de la présente recherche.

Cette correction a ensuite été vérifiée en recorrigeant 80 exemplaires choisis au hasard selon la même procédure expliquée précédemment.

4.6. Justification fournie aux sujets expérimentaux quant à l'administration des pré-tests.

Dans le but que les sujets expérimentaux fournissent leur rendement maximum lors de l'administration des pré-tests, ces derniers leur ont été présentés comme parties intégrantes d'une batterie de tests d'orientation administrés par le Ministère de l'Education. Cette consigne fut scrupuleusement respectée par tous les professeurs participant à l'expérimentation ainsi que par les autorités scolaires. Nous ne désirions nullement que les sujets expérimentaux apprennent qu'ils participaient à une expérimentation pédagogique. Les résultats de l'Inventaire 200 et du BGTA ont d'ailleurs été communiqués aux conseillers en orientation de chacune des écoles expérimentales qui dans certains cas s'en sont servis dans leurs fonctions

auprès des élèves.

Seuls quelques rares sujets, ici et là, n'ont visiblement pas répondu sérieusement aux pré-tests. L'analyse des résultats ne tiendra pas compte de ces cas d'exception.

INSTRUMENT DE MESURE

DEUXIEME PARTIE

4.7. Evaluation du niveau socio-économique des sujets expérimentaux

4.7.1. Influence du milieu socio-économique sur l'éducation des enfants

> Même à niveau d'intelligence égal, les enfants appartenant à des familles de différents niveaux socio-économique n'abordent (...) pas le contenu de l'enseignement avec des chances égales.

G. De Landsheere[5] insiste sur l'importance de ce facteur en se référant aux travaux de W. Sewell, A. Haller et M. Straus[6]. Plusieurs autres références pourraient être apportées à l'appui des dires de G. de Landsheere. Dans une étude sur la réussite scolaire en fonction de l'éducation familiale, R. Bonnardel et M.-S. Lavoegie[7] concluent au "succès très net, relativement aux autres catégories, des fils d'employés et d'ouvriers." L'échantillon comprenant un nombre restreint de sujets, aucune conclusion définitive ne pouvait être tirée de cette étude de Bonnardel et

---

(5) G. de Landsheere, Introduction à la recherche pédagogique, Armand Colin-Bourrelier, Paris, 1966.

(6) W. Sewell, A. Haller et M. Straus, Social Status and Educational and Occupational Aspiration dans American Sociological Rev., vol.22, février 1957, cité par G. De Landsheere, Introduction à la recherche pédagogique, Armand Colin-Bourrelier, Paris 1966, p. 140.

(7) R. Bonnardel et M.-S. Lavoegie, Questionnaires d'intérêts et prévision du succès dans les études supérieures dans Le travail humain, 1966, 29(3-4), p. 318-319.

Lavoegie. D'autre part, dans une étude menée à Melbourne en Australie, R.G. Rowlands[8] fait ressortir la nette différence entre le souhait qu'ont les enfants dont le père est professionnel d'accéder à des études scientifiques universitaires et le souhait des enfants dont le père exerce d'autres groupes d'occupations. Par ordre décroissant d'aspiration envers les carrières scientifiques, se classent au premier rang les enfants de professionnels suivis par les enfants d'hommes d'affaires, d'employés de bureau, de vendeurs, d'ouvriers spécialisés et enfin de manoeuvres. Rowlands explique cette classification par le dégré d'aspiration suscité chez l'enfant par le milieu familial.

Les exemples sont très nombreux dans les compte rendus de recherches où l'influence du milieu familial est nettement démontré comme facteur important de l'éducation de l'enfant. Tout travail de recherche en psychopédagogie se doit donc de considérer le niveau socio-économique comme un des critères descriptifs fondamentaux de l'échantillon au même titre que le sexe, l'âge, le quotient intellectuel, etc.

Les considérations précédentes nous ont incités

---

(8) R.G. Rowlands, Some Difference Between Prospective Scientists, Non-Scientists and Early Leavers in a Representative Sample of English Grammar School Boys dans The British Journal of Educational Psychology, vol. XXXI, part 1, février 1961.

à tenir compte de la variable niveau socio-économique dans notre étude comparative. Faute de quoi nous pourrions désavantager un procédé pédagogique au détriment des autres si celui-ci se caractérisait par un niveau socio-économique moyen relativement bas, ou vice versa. Ou encore, comment pouvoir par la suite extrapoler les résultats de la recherche si nous ne connaissons pas l'influence du niveau socio-économique sur l'acquisition des connaissances en physique?

Croyant qu'il existait au Québec une liste standard des occupations en rapport avec le niveau socio-économique, nous avons demandé à chacun des élèves d'inscrire sur sa fiche la profession de son père, ou tuteur, et de sa mère. Nous comptions alors utiliser la classification canadienne effectuée sous la direction de J.E. Andoff[9]. Au moment de l'analyse de nos résultats, cette classification n'était malheureusement pas encore disponible. Face à l'inexistence d'une telle liste d'occupations, nous avons donc entrepris un début de classification qui devrait nous aider à mieux caractériser notre échantillon.

4.7.2. Classification des occupations par des spécialistes

Ayant déterminé des critères suffisamment précis

---

(9) J.E. Andoff, A Canadian Classification and Dictionary of Occupations, Reasearch Branch Program Development Service, Department of Manpower and Immigration, Ottawa, Canada, Janvier 1967.

de classification des occupations selon trois catégories principales, nous avons fait appel à des experts en mesure d'évaluer théoriquement une occupation donnée. Au nombre de dix, ces experts comprenaient trois chercheurs en sciences de l'éducation, un sociologue et six conseillers en orientation oeuvrant dans le milieu scolaire où s'est déroulée l'expérimentation des divers procédés pédagogiques employés dans l'enseignement de la physique.

Chacun de ces analystes a reçu le document intitulé: "Essai d'évaluation du niveau socio-économique de certaines occupations" ainsi qu'une liste par ordre alphabétique des 162 occupations à classer.

Il s'agissait pour chacun des analystes d'étudier attentivement les documents reçus et d'attribuer individuellement une cote à chacune des occupations.

Une telle procédure de classification a permis d'établir une liste d'occupations en fonction du milieu socio-économique. Cette liste a servi par la suite à attribuer une cote de milieu socio-économique à chacun des sujets expérimentaux. Les élèves dont le père est décédé (1.4%) se sont vu attribuer arbitrairement la catégorie inférieure en raison de l'apport inexistant du père à l'éducation de l'enfant.

INSTRUMENT DE MESURE

TROISIEME PARTIE

4.8. Elaboration du test de physique

4.8.1. Introduction

Afin d'être en mesure de pouvoir vérifier l'exactitude des hypothèses émises lors de l'élaboration du schéma expérimental (chapitre III), il était nécessaire d'utiliser les instruments appropriés. Contrairement aux sciences physiques, une des principales lacunes de la recherche en sciences humaines est le manque d'instruments de mesure. Lorsqu'une recherche diverge quelque peu des sentiers battus, le chercheur en sciences humaines doit dans la majorité des cas construire et valider lui-même quelques-uns de ses instruments. Ceci implique forcément une longue période de travail préalable à l'expérimentation.

En plus de construire une échelle pour évaluer le milieu socio-économique de chacun des sujets expérimentaux, nous avons dû élaborer le test de physique devant servir de critère de jugement à la fin de l'expérimentation. Pour ce faire, il a été nécessaire, en un premier temps, de construire deux tests de physique afin d'éprouver le plus grand nombre d'items parmi lesquels ont été choisies les questions du test final.

4.8.2. Détermination du contenu des deux tests

Les divers points de contenu des deux tests de physique ont été choisis en respectant les trois critères suivants:

1. Aux programmes d'étude de toutes les classes étudiant la physique selon les divers procédés pédagogiques, devaient figurer les mêmes notions scientifiques afin que les rendements des sujets expérimentaux puissent être comparés relativement au même contenu d'étude. Il s'avérait impossible a priori de modifier si peu soit-il les programmes officiels.
2. Les notions scientifiques devaient aussi être fondamentales et représentatives de l'étude de la physique au niveau secondaire.
3. Les notions devaient être vues consécutivement par les élèves et reliées les unes aux autres.

Les points de contenu suivants répondaient aux critères énumérés ci-haut :

- notion de force,
- loi de Galilée,
- loi de Newton,
- chute des corps,
- connaissances connexes.

4.8.3. Construction finale des deux tests

En un premier temps, 160 questions portant sur les notions au programme ont été composées. Ces questions ont ensuite été classifiées selon les objectifs cognitifs de la taxonomie de Bloom. Une cote de difficulté arbitraire (facile, moyenne, difficile) a également été attribuée à chacun

des items dans le but de pouvoir construire approximativement deux tests équivalents.

Afin d'obtenir l'équivalence des deux tests, il aurait fallu que ces derniers comprissent le même nombre de questions relativement aux objectifs et au sujets à l'étude, et que de plus la répartition sur le plan difficulté fût la même. Nous n'avons pu que tendre le plus possible vers un tel objectif, le nombre d'items à notre disposition étant restreint.

Les deux tableaux IV-1 et IV-2 se rapportent aux tests
A et B. Ces tableaux à deux dimensions contiennent en ordonnée la distribution du contenu et en abscisse les objectifs de la taxonomie: 1.00 Acquisition des connaissances 2.00 Compréhension, 3.00 Application et 4.00 Analyse, Synthèse, Evaluation. Ils permettent d'octroyer une cote d'importance relative à chaque type de comportement que l'examen se propose de mesurer et à chaque section du contenu soumis à l'enseignement. On remarque que les deux examens sont identiques en ce qui concerne les objectifs de la taxonomie, mais diffèrent quelque peu au sujet des sections du contenu.

Ces deux tests devaient attribuer expérimentalement des indices de difficulté et de discrimination à chacun des items en vue de l'élaboration du test final de physique devant être utilisé à la fin de l'expérimentation.

Tableau IV-1. - Distribution du contenu du test A selon les objectifs de la taxonomie.

Description du contenu	Objectifs 1.00	2.00	3.00	4.00	Total
Loi de Newton	12	10	12	4	38
Chute des corps	6	8	6	0	20
Loi de Galilée	0	8	4	4	16
Force	2	6	2	4	14
Autres connaiss.	12	0	0	0	12
Total	32	32	24	12	100%

Tableau IV-2. - Distribution du contenu du test [illegible] les objectifs de la taxonomie.

Description du contenu	Objectifs 1.00	2.00	3.00	4.00	[illegible]
Loi de Newton	12	16	12	2	
Chute des corps	6	6	10	6	2
Loi de Galilée	2	6	0	2	10
Force	6	2	2	0	10
Autres connaiss.	6	2	0	2	10
Total	32	32	24	12	100%

Tableau IV-2. - Distribution du contenu du test B selon les objectifs de la taxonomie.

Description du contenu	Objectifs 1.00	2.00	3.00	4.00	Total
Loi de Newton	12	16	12	2	42
Chute des corps	6	6	10	6	28
Loi de Galilée	2	6	0	2	10
Force	6	2	2	0	10
Autres connaiss.	6	2	0	2	10
Total	32	32	24	12	100%

INSTRUMENTS DE MESURE

QUATRIEME PARTIE

4.9 Expérimentation des deux tests de physique et mise au point du test final

Introduction

La pré-expérimentation visait trois buts principaux:

1. l'expérimentation des pré-tests,
2. la découverte d'indices permettant une amélioration du schéma expérimental et par-delà une orientation plus précise de la recherche,
3. la mise au point d'un test de physique à la suite de l'expérimentation des 100 items de deux tests.

Les conditions de travail n'ont cependant pas permis que le premier but soit atteint. La pré-expérimentation aura cependant été utile puisqu'elle nous aura permis de mettre au point le test de physique qui servira en fin d'expérimentation, en plus de fournir nombre d'indices pour l'élaboration du schéma expérimental.

4.9.1. Expérimentation des deux tests de physique

Les deux tests de physique de 50 questions chacun (tests A et B) ont été expérimentés à la Commission Scolaire Régionale de Chambly. La Direction des Etudes accepta de mettre à notre disposition vingt classes du niveau de 11e année (niveau première).

Ce terrain d'expérimentation offrait les avantages suivants:

1. une dizaine de classes étudiait la physique selon le procédé de redécouverte dirigée depuis plus de six mois;
2. les textes, couvrant la matière sujette à expérimentation, étaient composés et avaient déjà été mis à l'essai avec des groupes semblables d'élèves;
3. les professeurs avaient eu l'occasion d'être initiés au procédé de redécouverte dirigée puisque c'est à cet endroit que nous l'avions élaboré au cours des trois années précédentes;
4. huit des vingt classes disponibles étudiaient la physique selon un procédé traditionnel tandis que les douze autres utilisaient un procédé expérimental.

Les deux tests de physique (tests A et B) ont été administrés à 482 élèves de la Commission Scolaire Régionale de Chambly, le 3 avril 1969 de 9 h. 30 à 12 h. Vingt classes ont subi les tests dont douze qui suivaient le procédé expérimental. Les élèves de 11e année ont été réunis dans une grande salle de Polyvalente de Mortagne de Boucherville où une quinzaine de professeurs ont exercé la surveillance. Par contre les élèves de belles-lettres sont demeurés dans leurs classes respectives à la Polyvalente André-Laurendeau de St-Hubert et un professeur a exercé

la surveillance dans chacune d'elles.

Aucun élève n'était au courant de la nature expérim ntale des deux tests de physique. Ces deux tests leur ont d'ailleurs été présentés à titre d'examen régulier de physique et s'inséraient dans une session normale d'examens de la commission scolaire. Le contenu des deux tests concordait avec la matière vue par tous les élèves dans les mois qui ont précédé la session d'examens.

Les dispositions ont été prises pour que tous les tests soient receuillis à la fin de la session, et qu'aucun professeur ne puisse se procurer ni même consulter un exemplaire de l'un ou l'autre test. De telles mesures s'avéraient nécessaires puisqu'une partie des items allait être utilisée au cours de l'expérimentation débutant en septembre 1969. Le décompte à la fin de la session nous a révélé que toutes les copies ont été ramassées. Pour plus de sécurité, tous les exemplaires de tests ont été incinérés. Seules les feuilles de réponses ont été conservées. Les questionnaires n'ont donc été vus que par les auteurs et les élèves.

4.9.2. Construction du test final de physique

4.9.2.1. Analyse des tests A et B

Un des buts de la pré-expérimentation était d'analyser les tests A et B dans le but de construire un instrument de mesure plus valable que l'un ou l'autre des deux. Au cours d'une première étape, une analyse descriptive de chacun des tests a été faite. Cette analyse a

permis de les connaître qualitativement et de les comparer. Pour ce qui suit, nous référons le lecteur au tableau IV-3. et aux figures IV-1 et IV-2.

4.9.2.1.1. Divergence de la normalité en dissymétrie

On remarque que le test B donne une distribution de fréquences beaucoup plus symétrique que le test A. Nous avons d'ailleurs fait le test de symétrie pour chacun des distributions, l'hypothèse nulle étant:

Il n'existe aucune différence significative entre la distribution des notes et la courbe normale du point de vue symétrie.

Voici les résultats obtenus:

Examen A: 4.36 > 2.58 d'où on rejette l'hypothèse nulle.

Examen B: 2.33 < 2.58 d'où on accepte l'hypothèse nulle.

Ces tests confirment ce que nous avons prévu et de plus affirment qu'il n'existe aucune différence significative du point de vue variabilité entre la distribution des notes du test B et la courbe normale, tandis qu'il y a divergence notable entre la distribution des notes du test A et la courbe normale du point de vue symétrie.

4.9.2.1.2. Divergence de la normalité en kurtose

A l'observation des courbes de la figure IV-1, on remarque que le test A permet une distribution de fréquences leptokurtique, alors qu'une distribution de fréquences platikurtique caractérise le test B. Le calcul de la kurtose g_2 donne les résultats suivants:

Tableau IV-3. - Distributions de fréquences des tests A et B.

	TEST A		TEST B	
Classes	fréqu. %	fréqu.cum.%	fréqu.%	fréqu.cum.%
0-9	0.42	0.42	0.00	0.00
10-19	9.24	9.66	2.46	2.46
20-29	22.27	31.93	19.67	22.13
30-39	32.78	64.71	26.22	48.36
40-49	20.17	84.87	21.31	69.67
50-59	6.30	91.18	15.99	85.66
60-69	5.46	96.64	10.25	95.90
70-79	3.36	100.00	4.10	100.00
N	238		244	
$\bar{X}$	35.9		41.4	
σ	14.0		14.4	

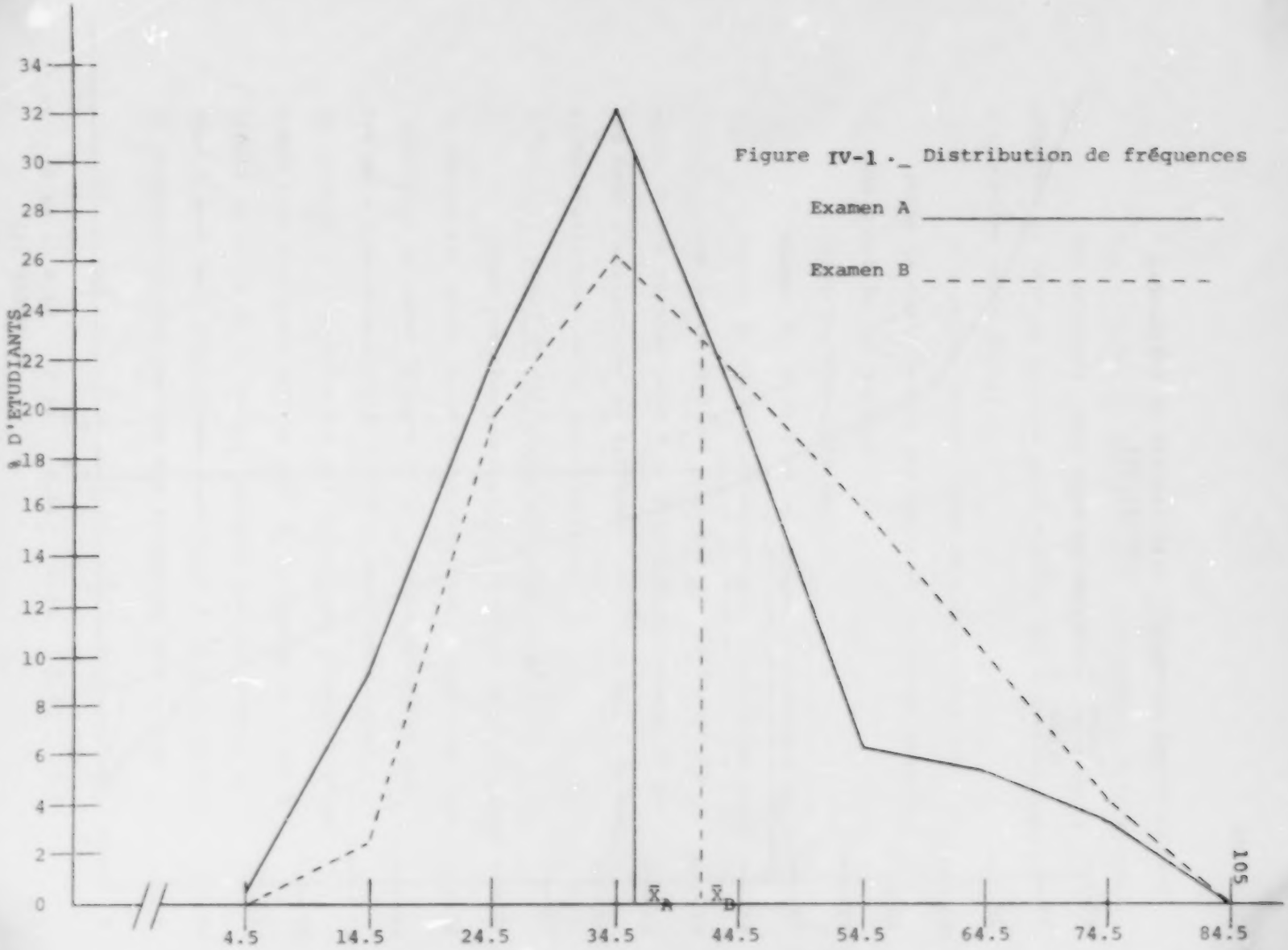
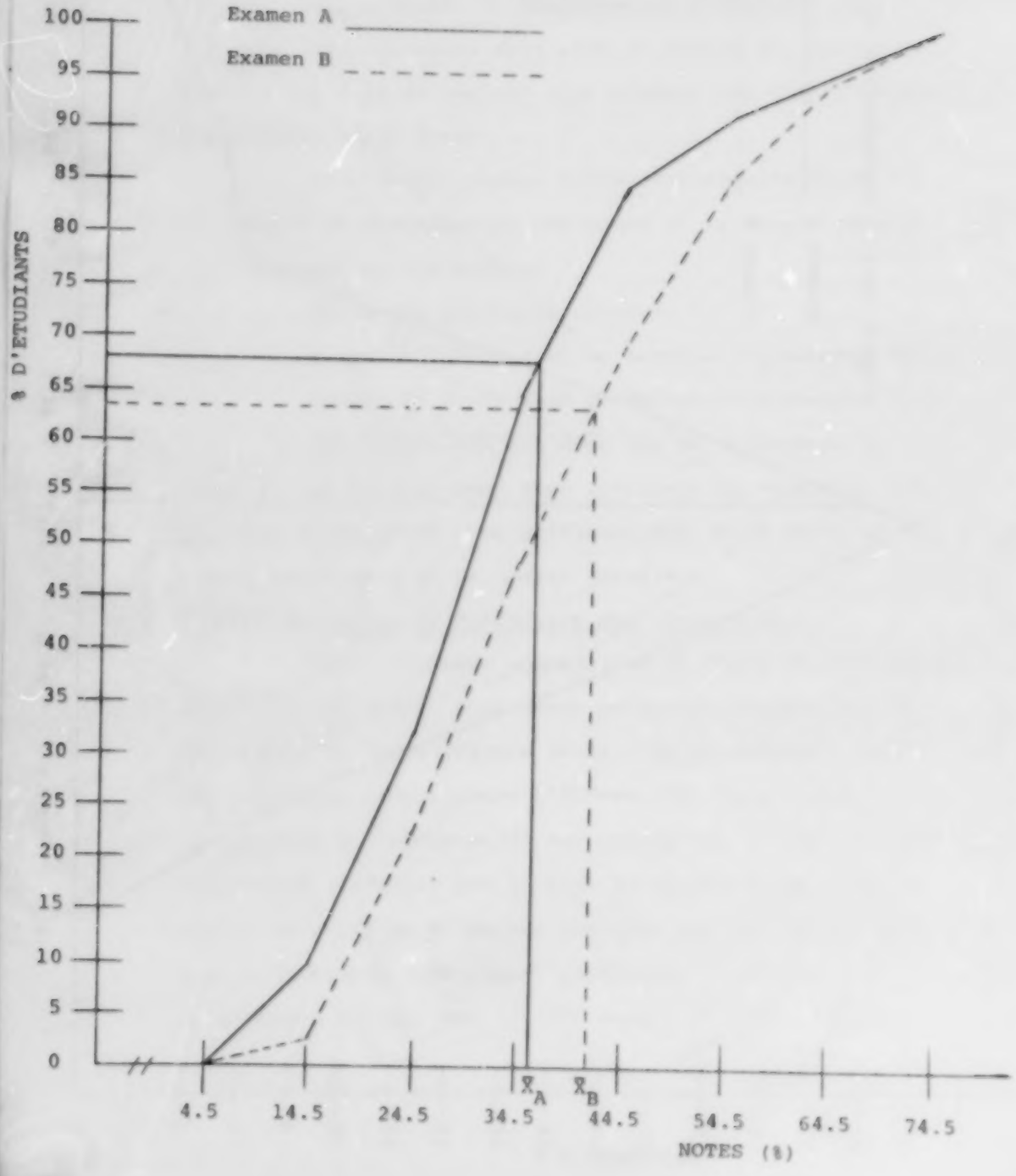


Figure IV-1 ._ Distribution de fréquences

Examen A _____

Examen B _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

Figure IV-2._ Distribution de fréquences cumulatives



α_{2A} = 0.22 : distribution légèrement leptokurtique

α_{2B} = -0.55 : distribution légèrement platikurtique

Par ailleurs, pour plus de certitude, nous avons effectué le test de kurtose pour chacune des distributions, l'hypothèse nulle étant:

Il n'existe aucune différence significative entre la distribution des notes et la courbe normale du point de vue kurtose.

Voici les résultats obtenus:

Examen A: 0.71 d'où on accepte l'hypothèse nulle

Examen B: -1.74 d'où on accepte l'hypothèse nulle

Les tests révèlent donc que la différence du point de vue kurtose peut être attribuée au hasard et que les deux distributions ne diffèrent pas, à ce point de vue, significativement de la courbe normale.

4.9.2.1.3. Degré de difficulté des tests A et B

Comme première comparaison du degré de difficulté de chacun des tests, nous avons construit l'ogive des distributions de notes (figure IV-2). Si on considère que les deux sous-échantillons d'élèves sont équivalents, on constate à l'observation des ogives que le test A s'est avéré plus difficile que le test B: la courbe de B est à droite de celle de A, ce qui implique que les scores au test B sont donc constamment supérieurs à ceux du test A; on remarque en plus que 67% des scores du test A sont

inférieurs à la médiane du test B.

Nous avons ensuite comparé les continuums des cotes de difficulté des questions de A et B (tableau IV-4 et figure IV-3). On remarque que les deux continuums sont très voisins dans la partie centrale des courbes, mais diffèrent sensiblement des rangs 1 à 8 et de 30 à 50 où le continuum du test B est plus élevé que celui de A attribuant un degré de difficulté plus grand au test A.

4.9.3. Composition du test final de physique

4.9.3.1. Introduction

Nous avions pensé utiliser le meilleur des deux tests comme structure de base, l'épurer de certaines questions et remplacer ces dernières par des questions empruntées à l'autre test. Nous pensions ainsi construire un meilleur instrument de mesure pour l'expérimentation. Cette procédure a été abondonnée pour les raisons suivantes: 1) les moyennes des tests A et B s'avèrent trop basses, surtout si on considère le rôle joué par le hasard dans un questionnaire à choix multiples; 2) de plus, il s'avérait impossible de procéder ainsi si nous voulions conserver au nouveau test une structure adéquate sur le plan des objectifs et du contenu. La fin du présent chapitre explique la façon dont le test final a été construit.

4.9.3.2. Analyse des items

Comme première étape de la composition du nouveau test, nous avons effectué l'analyse des items. Nous trouvons

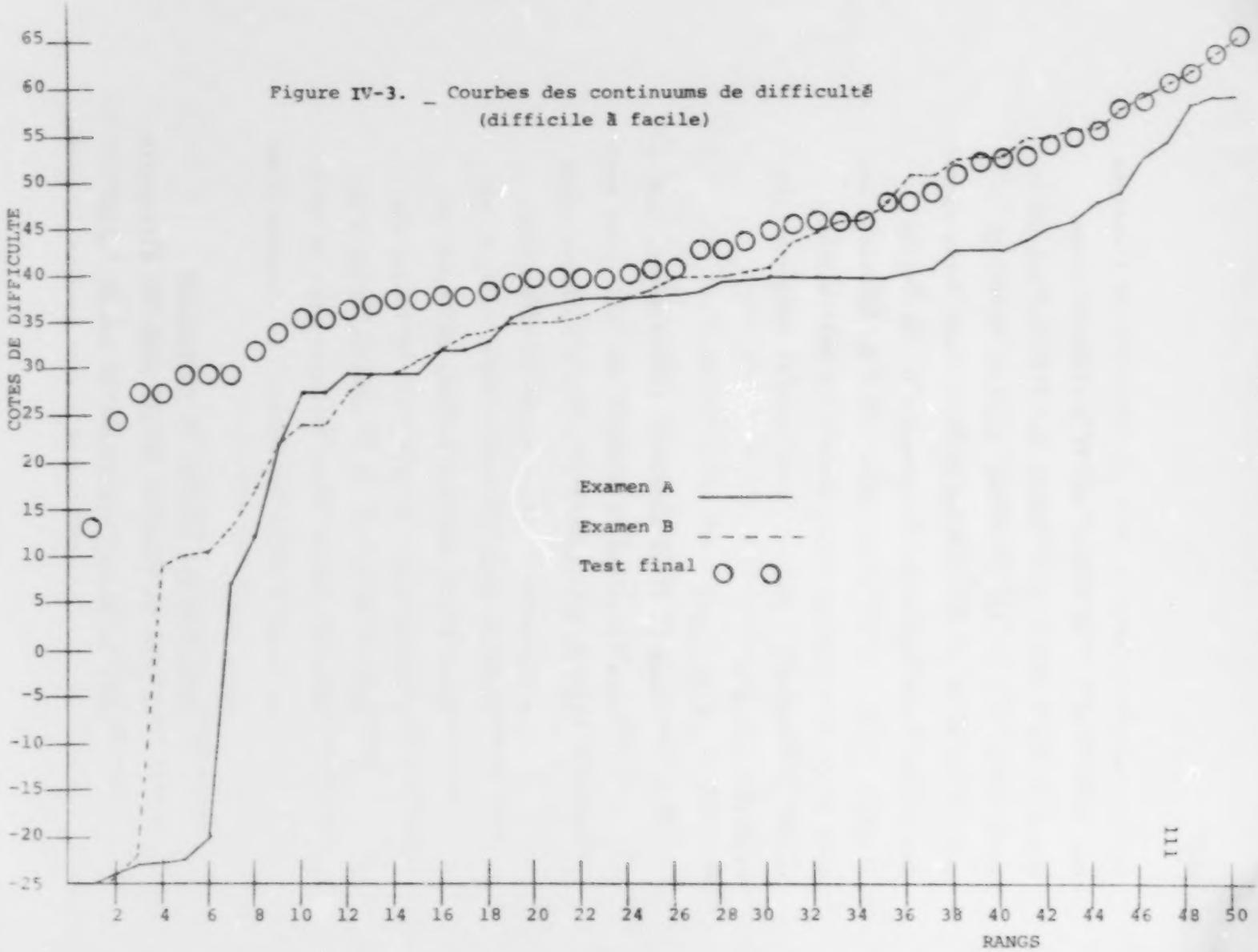
Tableau IV-4. - Continuums des cotes de difficulté:
Examen A; Examen B; Examen (expérimentation)

RANG	A	B	EXP.
1	-27.5	-32.	13.
2	-24.	-27.	24.
3	-23.	-22.	27.5
4	-23.	9.	27.5
5	-22.5	10.	29.5
6	-20.	10.5	29.5
7	7.	13.	29.5
8	12.	17.	32.
9	22.	22.	34.
10	27.5	24.	35.5
11	27.5	24.	35.5
12	29.5	27.5	36.5
13	29.5	29.5	37
14	29.5	29.5	37.5
15	29.5	31.	37.5
16	32.	32.	38.
17	32.	33.5	38.
18	33.	34.	38.5
19	35.5	35.	39.5
20	36.5	35.	40.
21	37.	35.	40.
22	37.5	35.5	40.
23	37.5	37.	40.
24	37.5	37.5	40.5
25	38.	38.	41.
26	38.	40.	41.
27	38.5	40.	43.
28	39.5	40.	43.
29	39.5	40.5	44.
30	40.	41.	45.
31	40.	44.	45.5
32	40.	45.	46.
33	40.	46.	46.
34	40.	46.	46.
35	40.	48.	48.
36	40.5	51.	48.
37	41.	51.	49.
38	43.	52.5	51.
39	43.	53.	52.5
40	43.	53.	53.

Tableau IV-4 - (suite)

RANG	A	B	EXP.
41	44.	55.	53.
42	45.5	55.	54.5
43	46.	56.	55.
44	48.	56.	56.
45	49.	58.	58.
46	53.	59.5	59
47	54.5	61	61
48	58.5	62.	62.
49	59.	64.	64.
50	59.5	66.5	66.5
Moyennes:	31.2	36.	43.5

Figure IV-3. _ Courbes des continuums de difficulté
(difficile à facile)



aux tableauxIV-5, IV-6 et IV-7 les résultats de l'analyse des tests A et B. On notera que la difficulté d'une question est d'autant plus grande que l'indice est petit. Après avoir éliminé les questions ayant un indice de difficulté ou de discrimination négatif, nous avons classé les autres items par ordre décroissant de difficulté (tableau IV-8). C'est parmi cette liste de questions que nous avons effectué cinquante choix pour construire le nouvel instrument de mesure. Nous devions respecter les critères suivants.

1. Difficulté

   Comme il a été mentionné précédemment, nous avons voulu que le nouveau test soit plus facile que les tests A et B ; il s'agissait alors d'augmenter l'indice moyen de difficulté. L'indice moyen du test A étant de 31.2 (tableau IV-4) pour une moyenne de 35.9%, et l'indice moyen du test B de 36.0 pour une moyenne de 41.4%, il s'agissait alors d'obtenir un indice moyen de difficulté de 43.5 de façon à avoir une moyenne de réussite d'environ 50%.

2. Continuum des indices de difficulté

   En plus de viser un indice moyen de difficulté pour le nouvel instrument de mesure, nous

voulions obtenir un continuum des indices de difficulté plus rigoureux que celui des tests A ou B (figure IV-3). Un continuum plus suivi devait permettre d'obtenir une distribution des notes qui tendrait plus vers une distribution normale.

3. Discrimination

Nous avons visé un indice moyen de discrimination d'environ 45. En consultant les indices de discrimination des tests A ou B, on remarque, en effet, qu'un indice de discrimination de 40 à 50 atteignait le but visé, celui de diviser les élèves en trois groupes distincts.

4. Objectifs

A l'instar des tests A et B, le nouveau test devait être structuré de façon à avoir un nombre représentatif de questions dans chacun des objectifs de la taxonomie de Bloom.

1.00 Acquisition des connaissances

2.00 Compréhension

3.00 Application

4.00 Analyse, Synthèse, Evaluation

Vu que nous avions très peu de questions visant l'objectif 4.00 à notre disposition, nous avons dû conserver la majeure partie de celles-ci.

Tableau IV-5. - Analyse d'items du test A.

NO.	S	I	P_S	P_I	DISC.	DIFF.
1	47	16	68.1250	10.0000	43.	44.
2	30	24	30.2500	25.0000	7.5	39.5
3	36	18	47.5000	13.7500	25.	40
4	53	20	79.3750	17.5000	42.5	49.
5	38	23	51.2500	23.1250	19.	43.
x6	5	6	-10.6250	-8.7500	- 3.5	-23.
7	43	5	60.6250	-10.6250	61.5	39.5
x8	9	2	- 3.1250	-16.2500	22	-22.5
9	36	15	47.5000	8.1250	34.	38.
10	53	14	79.3750	6.2500	56.5	46.
11	38	13	51.2500	4.3750	43.5	37.5
12	12	11	2.5000	0.6250	10.5	7.
13	27	2	30.6250	-16.2500	44.5	29.5
14	39	10	53.1250	- 1.2500	56.5	37.
15	39	13	53.1250	4.3750	44.5	38.
16	42	12	58.7500	2.5000	52.	40.
17	40	9	55.0000	- 3.1250	57.5	37.5
18	54	30	81.2500	36.2500	30.5	54.5
19	39	14	53.1250	6.2500	40.	38.5
20	32	6	40.0000	- 8.7500	50.	33.
21	36	35	47.5000	43.6250	1.	48.
x22	4	7	-12.5000	- 6.8750	- 8.	-23.
x23	11	3	0.6250	-14.3750	30.	-20.
24	50	6	73.7500	- 8.7500	70.	43.
25	42	13	58.7500	4.3750	48.5	40.
26	27	3	30.6250	-14.3750	44.5	29.5
27	51	41	75.6250	56.8750	12.5	59.
28	50	6	73.7500	- 8.7500	70.	43.
29	14	11	6.2500	0.6250	19.	12.
30	25	10	26.8750	- 1.2500	42.	27.5
31	38	7	51.2500	- 6.8750	55.5	36.5
32	25	9	26.8750	- 3.1250	42.	27.5
33	29	14	34.3750	6.2500	28.	32.
x34	7	4	- 6.8750	-12.5000	8.	-24.
35	46	9	66.2500	- 3.1250	64.	41.
36	35	12	45.6250	2.5000	44.	35.5
37	30	13	36.2500	4.3750	34.	32.
x38	6	0	- 8.7500	-20.0000	12.5	-27.5
39	50	41	73.7500	56.8750	11.5	58.5
40	45	11	64.3750	0.6250	63.	40.

Tableau IV-5. - (suite)

NO.	S	I	P_S	P_I	DISC.	DIFF.
41	37	14	49.3750	6.2500	37.5	37.5
42	40	16	55.0000	10.0000	34.5	40.5
43	55	5	83.1250	-10.6250	77.	45.5
44	27	1	30.6250	-18.1250	44.5	29.5
45	45	7	64.3750	- 6.8750	63.	40.
46	27	3	30.6250	-14.3750	44.5	29.5
47	58	35	88.7500	45.6250	32.5	59.5
48	20	10	17.5000	- 1.2500	34.	22.
49	53	28	79.3750	32.5000	31.	53.
50	42	12	58.7500	2.5000	52.	40.

Tableau IV-6. - Analyse d'items du test B

NO.	S	I	P_S	P_I	DISC.	DIFF.
1	62	37	92.7273	47.2727	37.5	61.
2	34	18	41.8182	12.7273	22.5	37.5
3	30	4	34.5455	-12.7273	48.	31.
4	63	41	94.5455	54.5455	38.	64.
5	42	11	56.3636	0.0000	58.	38.
6	60	29	89.0909	32.7273	41.	56.
7	57	35	83.6364	43.6364	28.	58.
x 8	3	4	-14.5455	-12.7273	- 2.	-27.
9	63	20	94.5455	16.3636	63.5	53.
10	37	5	47.2727	10.9091	54.5	35.5
x11	10	14	- 1.8182	5.4545	-16.5	10.5
12	45	11	61.8182	0.0000	62.	40
13	51	16	72.7273	9.0909	48.	45.
14	21	5	18.1818	-10.9091	34.	22.
15	43	16	58.1818	9.0909	38.5	41.
16	33	14	40.0000	5.4545	34.5	34.
17	63	45	94.5455	61.8182	33.5	66.5
18	37	10	47.2727	- 1.8182	53.5	35.
19	37	5	47.2727	-10.9091	53.5	35.
20	45	12	61.8182	1.8182	56.	40.
x21	17	17	10.9091	10.9091	0.	24.
22	26	10	27.2727	- 1.8182	42.	27.5
23	15	3	7.2727	-14.5455	20.5	13.
24	37	8	47.2727	- 5.4545	53.5	35.
25	52	17	74.5455	10.9091	47.	46.
26	58	29	85.4546	32.7273	36.	55.
27	63	33	94.5455	40.0000	46.5	59.5
28	32	10	38.1818	- 1.8182	49.	32.
29	31	15	36.3636	7.2727	27.	33.5
30	54	7	78.1818	- 7.2727	72.	44.
31	57	21	83.6364	18.1818	47.	51.
x32	6	6	- 9.0909	- 9.0909	0.	-22.
33	47	8	65.4545	- 5.4545	63.5	40.5
34	64	19	96.3636	14.5455	67.	53.
35	46	11	63.6364	0.0000	63.	40.
x36	1	0	-18.1818	-20.0000	2.	-32.
x37	6	13	- 9.0909	3.6364	-14.	9.
38	28	2	30.9091	-16.3636	44.5	29.5
39	50	40	70.9091	52.7273	11.	56.
40	61	26	90.9091	27.2727	48.	55.

Tableau IV-6. - (suite)

NO.	S	I	P_S	P_I	DISC.	DIFF.
41	13	12	3.6364	1.8182	7.	10.
42	28	2	30.9091	-16.3636	44.5	29.5
43	63	38	94.5455	49.0909	42.	62.
44	57	13	83.6364	3.6364	72.	46.
45	40	4	52.7273	-12.7273	56.5	37.
46	17	7	10.9091	- 7.2727	26.5	17.
47	43	31	58.1818	36.3636	13.	48.
48	55	27	80.0000	29.0909	34.5	52.5
49	22	6	20.0000	- 9.0909	36.	24.
50	60	19	89.0909	14.5455	55.5	51.

Tableau IV-7. - Définition des symboles.

S	:	nombre de bonnes réponses des 27% supérieurs examen A: 64 étudiants examen B: 66 étudiants
I	:	nombre de bonnes réponses des 27% inférieurs examen A: 64 étudiants examen B: 66 étudiants
P_S	:	pourcentage corrigé pour le hasard du groupe supérieur.
P_I	:	pourcentage corrigé pour le hasard du groupe inférieur.
DISC.:		cote de discrimination.
DIFF.:		cote de difficulté
x	:	question éliminée à première analyse

5. Contenu

Comme pour les tests A et B, en ce qui concerne le nombre de questions à attribuer à chacun des points de contenu, les critères qui nous ont guidés sont d'abord l'importance relative du sujet dans l'ensemble des sujets à l'étude et le temps consacré à l'apprentissage de chacun d'eux. Par ordre décroissant d'importance, les divers sujets se classent de la façon suivante:

1o Loi de Newton

2o Chute des corps

3o Loi de Galilée

4o Notion de force

5o Connaissances connexes

4.9.3.3. Structure du test final de physique

L'étape suivante a été de construire le test final en tenant compte des critères qui précèdent. En nous servant du tableau IV-8, nous avons en un premier temps choisi temporairement les cinquante questions s'étendant de chaque côté de l'indice centrale de difficulté 43.5. Avec ces questions, nous avons ensuite vérifié chacun des critères, et nous nous sommes alors aperçu qu'ici et là certains changements s'imposaient. Ainsi par la méthode d'essais et d'erreurs, nous en sommes venus à construire, avec les questions à notre disposition, un test qui répond aux

Tableau IV-8. - Classement des items par ordre décroissant de difficulté.

RANG	DIFF.	DISC.	QUESTION EXAMEN	OBJ.	REP.	CONTENU
1	7	10.5	12A	3	B	Loi de Newton
2	10	7	41B	4	C	Chute des corps
3	12	19	29A	2	F	Force
x 4	13	20.5	23B	3	E	Chute des corps
5	17	26.5	46B	2	B	Loi de Galilée
6	22	34	14B	3	D	Chute des corps
7	22	34	48A	1	F	Force
x 8	24	36	49B	1	B	Chute des corps
x 9	27.5	42	22B	4	C	Loi de Newton
10	27.5	42	30A	4	D	Loi de Galilée
x11	27.5	42	32A	4	F	Loi de Newton
x12	29.5	44.5	38B	2	C	Chute des Corps
13	29.5	44.5	42B	3	E	Chute des corps
x14	29.5	44.5	13A	3	D	Loi de Galilée
15	29.5	44.5	26A	2	A	Loi de Newton
16	29.5	44.5	44A	3	E	Chute des corps
x17	29.5	44.5	46A	2	B	Loi de Galilée
18	31	48	3B	1	B	Loi de Newton
19	32	49	28B	2	A	Loi de Newton
x20	32	28	33A	3	B	Loi de Galilée
21	32	34	37A	1	B	Loi de Newton
22	33	50	20A	1	F	Loi de Newton
23	33.5	27	29B	2	F	Loi de Newton
x24	34	34.5	16B	1	F	Loi de Galilée
25	35	53.5	18B	1	B	Autre connaiss.
26	35	53.5	19B	1	A	Loi de Newton
27	35	53.5	24B	3	B	Loi de Newton
28	35.5	54.5	10B	2	C	Loi de Newton
x29	35.5	44	36A	1	C	Chute des corps
x30	36.5	55.5	31A	2	E	Loi de Newton
31	37	56.5	14A	3	D	Loi de Newton
x32	37	56.5	45B	2	F	Loi de Newton
33	37.5	22.5	2B	1	A	Loi de Newton
x34	37.5	43.5	11A	4	A	Loi de Newton
35	37.5	57.5	17A	1	F	Autre connaiss.
x36	37.5	37.5	41A	4	C	Force
37	38	58	5B	1	F	Autre connaiss.
x38	38	34	9A	2	C	Loi de Newton
x39	38	44.5	15A	1	D	Loi de Newton
x40	38.5	40	19A	1	A	Autre connaiss.

x: question choisie

Tableau IV-8. - (suite)

41	39.5	7.5	2A	1	A	Autre connaiss.
x42	39.5	61.5	7A	2	D	Loi de Newton
43	40	25	3A	1	B	Chute des corps
44	40	52	16A	1	F	Autre connaiss.
45	40	48.5	25A	3	D	Loi de Newton
x46	40	63	40A	4	A	Loi de Galilée
x47	40	63	45A	2	F	Chute des corps
48	40	52	50A	1	A	Autre connaiss.
49	40	62	12B	3	B	Loi de Newton
x50	40	56	20B	1	F	Autre connaiss.
x51	40	63	35B	3	C	Force
52	40.5	34.5	42A	3	E	Loi de Newton
x53	40.5	63.5	33B	3	B	Loi de Newton
x54	41	38.5	15B	1	D	Chute des corps
x55	41	64	35A	3	C	Force
x56	43	19	5A	1	F	Autre connaiss.
57	43	70	24A	3	B	Loi de Newton
x58	43	70	28A	2	A	Force
59	44	43	1A	1	E	Loi de Newton
x60	44	72	30B	2	D	Force
x61	45	48	13B	3	D	Chute des corps
x62	45.5	77	43A	3	F	Loi de Newton
x63	46	56.5	10A	2	C	Loi de Galilée
x64	46	47	25B	4	C	Loi de Newton
x65	46	72	44B	3	E	Loi de Newton
x66	48	13	47B	2	A	Chute des corps
x67	48	1	21A	4	B	Loi de Galilée
x68	49	42.5	4A	1	D	Loi de Newton
69	51	47	31B	2	E	Autre connaiss.
x70	51	55.5	50B	1	A	Force
x71	52.5	34.5	48B	1	F	Loi de Newton
72	53	63.5	9B	2	C	Loi de Newton
x73	53	67	34B	3	D	Loi de Newton
x74	53	31	49A	1	B	Chute des corps
x75	54.5	30.5	18A	1	B	Loi de Newton
x76	55	36	26B	2	A	Loi de Galilée
x77	55	48	40B	4	A	Loi de Galilée
x78	56	41	6B	2	D	Loi de Newton
79	56	11	39B	2	D	Chute des corps
x80	58	28	7B	2	D	Loi de Newton
81	58.5	11.5	39A	2	D	Chute des corps
x82	59	12.5	27A	2	F	Chute des corps
83	59.5	32.5	47A	2	A	Loi de Newton
84	59.5	46.5	27B	2	F	Loi de Newton
x85	61	37.5	1B	1	E	Loi de Newton
x86	62	42	43B	3	F	Loi de Newton
x87	64	38	4B	1	D	Loi de Newton
x88	66.5	33.5	17B	1	F	Force

Tableau IV-9. _ Structure du test final de physique

Contenu	Objectifs 1.00	2.00	3.00	4.00	Total
Loi de Newton	NOMBRE DE QUESTIONS 6	6	6	4	22
	COTE DE DIFF. MOYENNE 52.5	44	50	34.5	46
	COTE DE DISC. MOYENNE 33.5	46	64.5	43.5	47
Chute des corps	4	4	2		10
	36	44	29		39
	37.5	33	34		35
Loi de Galilée	1	3	2	3	9
	34	32.5	30.5	48	41
	34.5	34	36	37	39.5
Force	2	1	2	1	6
	59	44	40.5	37.5	46.5
	45	72	63.5	37.5	54
Autres connais.	3				3
	41				41
	38				38
Total	16	14	12	8	50
	46.5	44	41	40	43.5
	37	43.5	55	40.5	44.5

critères fixés. La structure du test est illustré aux tableaux IV-9 et IV-10; le continuum est illustré à la figure IV-3 et au tableau IV-4.

4.10. Validité et fidélité du test de physique

Des études de validité et de fidélité ont, en plus, été effectuées au sujet du test de physique.

4.10.1. Validité externe

La validité externe du test de physique a été calculée en fonction des examens de fin d'année et des jugements des professeurs. Cette validité est corroborée par les coefficients relativement élevés obtenus, soient 0.72 dans le cas du jugement des professeurs et 0.60 dans le cas des examens de fin d'année.

4.10.2. Validité de contenu

La cotation, selon la taxonomie de Bloom, des cinquante items du test final de physique a été effectuée par seize analystes. Pour faire ce travail nous avons profité de la disponibilité de professeurs de physique participant à une session d'été de didactique de la physique à l'Université du Québec à Trois-Rivières.

La cotation a nécessité trois journées. Une journée et demie a été consacrée à familiariser les analystes à la taxonomie de Bloom. Un guide de travail, plusieurs mini-tests et discussions plénières ont permis aux analystes de bien comprendre la procédure de cotation des items en plus de s'avérer aptes à accomplir un tel travail.

Tableau IV-10. - Identification de chacune des questions du test final de physique.

NO.	DIFF.	DISC.	TEST	OBJ.	CONTENU	REPONSES
1	66.5	33.5	17B	1	Force	F
2	48	13	47B	2	Chute des corps	A
3	54.5	30.5	18A	1	Loi de Newton	B
4	38.5	40	19A	1	Autre connaiss.	A
5	38	44.5	15A	1	Loi de Newton	D
6	64	38	4B	1	Loi de Newton	D
7	46	56.5	10A	2	Loi de Galilée	C
8	38	34	9A	2	Loi de Newton	C
9	62	42	43B	3	Loi de Newton	F
10	45	48	13B	3	Chute des corps	D
11	37.5	37.5	41A	4	Force	C
12	56	11	39B	1	Loi de Newton	D
13	37.5	43.5	11A	4	Loi de Newton	A
14	59	12.5	27A	2	Chute des corps	F
15	46	72	44B	3	Loi de Newton	E
16	44	72	30B	2	Force	D
17	37	56.5	45B	2	Loi de Newton	F
18	58	28	7B	2	Loi de Newton	D
19	43	70	24A	3	Loi de Newton	B
20	36.5	55.5	31A	2	Loi de Newton	E
21	56	41	6B	2	Loi de Newton	D
22	43	19	5A	1	Autre connaiss.	F
23	35.5	44	36A	1	Chute des corps	C
24	55	48	40B	4	Loi de Galilée	A
25	46	47	25B	4	Loi de Newton	C
26	34	34.5	16B	1	Loi de Galilée	F
27	53	67	34B	3	Loi de Newton	D
28	45.5	77	43A	3	Loi de Newton	F
29	32	28	33A	3	Loi de Galilée	B
30	41	64	35A	3	Force	C
31	29.5	44.5	38B	2	Chute des corps	C
32	55	36	26B	2	Loi de Galilée	A
33	41	38.5	15B	1	Chute des corps	D
34	29.5	44.5	13A	3	Loi de Galilée	D
35	53	31	49A	1	Chute des corps	B
36	40.5	63.5	33B	3	Loi de Newton	B
37	29.5	44.5	46A	2	Loi de Galilée	B
38	52.5	34.5	48B	1	Loi de Newton	F
39	40	63	35B	3	Force	C
40	27.5	42	32A	4	Loi de Newton	F

Tableau IV-10. - (suite)

41	51	55.5	50B	1	Force	A
42	40	56	20B	1	Autre connaiss.	F
43	27.5	42	22B	4	Loi de Newton	C
44	49	42.5	4A	1	Loi de Newton	D
45	40	63	45A	2	Chute des corps	F
46	24	36	49B	1	Chute des corps	B
47	48	1	21A	4	Loi de Galilée	B
48	39.5	61.5	7A	2	Loi de Newton	D
49	13	20.5	23B	3	Chute des corps	E
50	40	63	40A	4	Loi de Galilée	A

Répartition des réponses

A	B	C	D	E	F
7	8	9	12	3	11

A partir de cette cotation, une analyse de fidélité a ensuite été effectuée pour chacun des analystes, chacune des catégories et chacun des cinquante items.

4.10.3. Fidélité du test de physique

Les analyses révèlent que le test final de physique possède une bonne stabilité. La fidélité est également bonne relativement au premier objectif général de l'enseignement des sciences, mais il aurait été préférable qu'elle soit supérieure en ce qui attrait au second objectif.

C H A P I T R E V

DESCRIPTION DE L'EXPERIMENTATION

CHAPITRE V: DESCRIPTION DE L'EXPERIMENTATION

5.1. Description de l'échantillon

5.1.1. Considérations préalables

5.1.1.1. Elimination de sujets expérimentaux

L'échantillon qui sera décrit ne comprendra que les sujets expérimentaux qui ont été retenus pour l'analyse des résultats. Quelque 294 sujets ont dû être éliminés. Cinq classes du procédé traditionnel ont été retirées de l'expérimentation car deux de ces classes comprenaient des élèves qui, à l'avis d'autorités compétentes, n'étaient pas aptes à étudier la physique. Trois autres classes ont été retirées à cause d'un grave conflit professeur-élèves ce qui rendait le climat de ces classes non propice à une expérimentation pédagogique. Nous en sommes venus à découvrir ces irrégularités après qu'une première correction des tests de physique nous ait appris que les cinq groupes, ci-dessus énumérés, se classaient aux derniers rangs, avec des moyennes anormalement basses. Une enquête discrète confirma que ces cinq classes (131 élèves) présentaient des cas aberrants et non souhaitables au sein d'une expérimentation. Les 163 autres sujets éliminés le furent à cause de dossiers incomplets dus à l'absence des sujets lors de l'administration d'un ou plusieurs pré-tests, ou du test de physique. Le nombre de sujets ainsi éliminés se repartit également entre

les procédés pédagogiques:[1]

procédé 1: 57

procédé 2: 51

procédé 3: 55

5.1.1.2. Contraintes et attitude d'échantillonnage

Le chercheur en pédagogie doit respecter un grand nombre de servitudes dans la conduite d'une expérimentation sur le terrain. Face au problème d'échantillonnage, il doit composer avec une foule de contraintes et pouvoir tout de même s'assurer d'un résultat optimum.

Il en a été de même pour nous. Il nous a bien fallu accepter les écoles et les professeurs qui voulaient bien se soumettre aux exigences de l'expérimentation pédagogique. Souvent par peur d'être éventuellement jugés sur la valeur de leur enseignement, quelques écoles ont poliment décliné notre invitation. Même dans le cas des écoles et des professeurs qui acceptaient de collaborer, il était illusoire de vouloir scinder les classes et les composer selon des exigences statistiques rigoureuses. Il s'agissait également d'obtenir un nombre assez élevé de sujets expérimentaux pour chacun des procédés pédagogiques.

Préalablement à l'expérimentation, nous avons

---

(1) Voir chapitre V (5.4) pour regroupements des procédés pédagogiques en trois procédés principaux.

donc contacté un grand nombre d'autorités scolaires afin d'établir un inventaire des possibilités. Nous avons ensuite divisé l'échantillon global désireux de participer, en tenant compte de trois critères:

1. Les écoles choisies devaient présenter le maximum de chance de réussite à l'expérimentation et les meilleures possibilités pour chacun des procédés pédagogiques.
2. L'échantillon de chacun des procédés pédagogiques devait être semblable aux autres et le plus représentatif possible de la population.
3. Nous avons enfin accepté un peu plus de sujets expérimentaux qu'il en fallait afin de pallier aux défections éventuelles. Nous avons vu que cette précaution n'avait pas été prise en vain.

5.1.2. Description globale[2]

Toute expérimentation se propose de mieux comprendre la réalité. Mais cette fin n'est pas exclusive et on peut dire que toute expérience, si elle se pratique

---

(2) Cette section nous a été fortement inspirée par: Roberge Albert, Expérience sur l'enseignement par téléscript, Institut de Recherche Pédagogique du Ministère de l'Education du Québec, août 1970.

en général sur un nombre restreint de sujets, tend à dégager des conclusions qui peuvent être extrapolées à un plus grand nombre possible de personnes. De là, la nécessité de construire des échantillons représentatifs de la population totale. Si l'échantillon représente avec validité la population totale, la généralisation des conclusions est également valide. La validité comporte deux aspects: la validité statistique et la validité écologique.

La validité statistique consiste à représenter dans l'échantillon les caractères principaux de la population totale. C'est ainsi que si nous voulons étendre à tous les élèves en physique du niveau secondaire les conclusions de la présente recherche, il faudrait nous assurer que notre échantillon possède les mêmes caractéristiques que la population totale. Les qualités que nous avons essayé de contrôler sont: le sexe, l'âge et le milieu socio-économique.

A) <u>sexe</u>

filles: 54.0%

garçons: 46.0%

B) <u>âge</u> (au 1^{o} septembre 1970)

16 ans et moins: 11.0%

16 ans à 17 ans: 34.0%

17 ans à 18 ans: 43.0%

18 ans et plus : 12.0%

moyenne : 17 ans 1 mois

écart type : 1 an ½ mois

C) milieu socio-économique

supérieur: 21.2%

moyen : 61.3%

inférieur: 17.5%

Malheureusement, nous ne disposons pas d'une description précise de la population entière qui permettrait d'évaluer la représentativité de notre échantillon par rapport à chacun de ces caractères. Il est permis toutefois de croire en cette représentativité pour plusieurs raisons:

1. La répartition des sexes est voisine de l'égalité avec faible prédominance du nombre de filles, ce qui s'avère à toute fin pratique conforme à cette population étudiante.
2. La moyenne d'âge est de 17 ans 1 mois, avec un écart type de 1 an ½ mois, ce qui est normal pour un ensemble d'élèves qui, en très grande majorité, ont débuté leurs études à 6 ans et qui en sont à leur onzième année scolaire.
3. Quant au milieu socio-économique, il est normal, dans un milieu québécois, que les classes supérieures et inférieures soient à peu près égales en pourcentage et qu'il

y ait une nette prédominance de la classe moyenne.

4. Quant à la répartition géographique, il semble que là aussi la composition de l'échantillon corresponde d'assez près à la population totale. Les échantillons ont été choisis dans la région de Montréal et sa banlieue, où est concentrée près de la moitié de la population du Québec.

Les commissions scolaires participantes comprennent près du tiers de l'effectif étudiant à ce niveau au Québec:

commission scolaire no. 1: 26%

commission soclaire no. 2: 4%

commission scolaire no. 3: 1%

La commission scolaire no. 1 est située essentiellement en milieu urbain. De façon à obtenir une meilleure représentativité, nous avons choisi les commissions scolaires no. 2 et no. 3 désservant une population mi-urbaine mi-rurale.

Le bureau de la recherche pédagogique de la commission scolaire no. 1 nous a permis d'expérimenter dans trois écoles bien spécifiques. En effet, les trois écoles choisies sont considérées par les autorités pédagogiques corme écoles baromètres de la commission scolaire.

Plusieurs expériences ont démontré dans le passé que les résultats obtenus par l'ensemble de ces trois écoles sont nettement représentatifs des résultats de la totalité des écoles sous la juridiction de cette commission scolaire.

La commission scolaire no. 2 nous a permis d'expérimenter dans une de ses trois écoles polyvalentes, lesquelles obtiennent des résultats à peu de chose près semblables à l'ensemble des matières scolaires.

La commission scolaire no. 3 ne comprend qu'une seule école polyvalente du niveau secondaire où la majorité des classes qui nous intéressaient ont pu être utilisées.

La validité écologique se définit comme celle qui se rapporte aux conditions mésologiques. Les conditions dans lesquelles se trouvent les sujets expérimentaux doivent être semblables à celles de la population entière. Or, nous n'avons pratiqué aucune sélection parmi les participants quant à leur statut social ou économique: le nombre d'élèves par classe, l'organisation des locaux, la qualité des appareils, etc. ne diffèrent pas de la situation ordinaire. Entre autre, l'effet Hawthorne n'a pu influencer le comportement ou le rendement des sujets puisque tout a été évité pour les mettre au courant de la situation expérimentale. Au cours de l'expérimentation, rien n'a pu déranger l'ordre habituel des cours.

On peut donc affirmer que l'échantillon qui a

servi à l'expérimentation ne présente pas de défaut sérieux qui pourrait en fausser la validité écologique.

La validité écologique, de l'avis de plusieurs chercheurs, prend beaucoup plus d'importance que la validité statistique. Brunswick[3] suggère que:

> ...proper sampling of situation and problems may in the end be more important than proper sampling of subjects, considering the fact that individuals are probably on the whole much more alike than are situations among on another.

5.1.3. Description par procédé pédagogique

Ayant examiné de près la description globale de l'échantillon, voyons maintenant si la validité est aussi grande au niveau des procédés pédagogiques. Idéalement, les sous-échantillons devraient être semblables entre eux et comparables à l'échantillon total.

Le tableau V-1 illustre la distribution des sujets expérimentaux dans chacun des procédés pédagogiques. Comparé à l'ensemble, seul le procédé 2 possède une répartition, des sujets selon le sexe, semblable à l'échantillon global. Le procédé 1 compte un pourcentage de garçons nettement supérieur (63.2%) à l'ensemble et un pourcentage de filles nettement inférieur (36.8%).

---

(3) Brunswick Egon, Perception and the Representative Design of Psychological Experiements, Berkeley, California, University of California Press, 1956.

L'inverse se produit dans le cas du procédé 3. Les cinq classes, éliminées pour les raisons stipulées en 5.1.1.1., ont bouleversé la répartition des sujets selon le sexe en faveur des filles dans une proportion 3 contre 1. L'analyse des résultats tiendra compte de cette disproportion.

La répartition des sujets selon l'âge est représentée au tableau V-2. Comparés à l'échantillon global, seuls les élèves du procédé 2 s'avèrent légèrement plus jeunes que l'ensemble. Cette différence est minime puisque l'âge moyen de ces sujets est de 5 mois inférieur à la moyenne globale. Le procédé 1 possède un échantillon un peu plus âgé de 5 mois que l'ensemble, tandis que l'échantillon du procédé 3 est semblable à l'échantillon global.

Cependant, si on compare les échantillons des procédés 1 et 3, ce dernier se trouve en moyenne à avoir des élèves de 10 mois plus jeunes. Ce fait devra être retenu afin de vérifier, à l'analyse des résultats, si cette différence d'âge joue un rôle dans la réussite scolaire en physique. Si le facteur âge s'avère important, il faudra qu'une analyse de la covariance en tienne compte.

Selon le tableau V-3, la répartition des sujets selon le milieu socio-économique montre la ressemblance entre l'échantillon du procédé 2 et l'échantillon global. On remarque également l'équivalence des échantillons en ce qui concerne le milieu socio-économique moyen (60.2%, 61.4%,

62.1%, 61.3%. En ce qui a trait au milieu socio-économique supérieur, le procédé 3 compte un pourcentage double de sujets par comparaison au procédé 1, ce dernier se composant du plus haut pourcentage (26.1%) de sujets appartenant à la catégorie inférieure. Il faut noter cependant la concentration massive des sujets à la catégorie moyenne dans les trois procédés. S'il s'avère que le milieu socio-économique est un facteur prédominant de la réussite scolaire en physique, l'analyse des résultats tiendra compte des disproportions entre les échantillons.

Du tableau V-4, on peut conclure que les classes du procédé 3 se situent en grande partie dans un milieu urbain, soit l'inverse du procédé 2 où le milieu rural-urbain prédomine. Les classes du procédé 1 sont composées entièrement de sujets en provenance d'un milieu mixte. Les conclusions précédentes pourraient être plus spécifiques, et de là plus utiles, si on possédait plus d'informations qui nous permettraient, dans le milieu mixte, de distinguer plus nettement entre le rural et l'urbain. A l'avis des autorités scolaires, le milieu urbain revêt beaucoup plus d'importance dans un milieu mixte que le milieu rural. Sous toute réserve, on peut supposer l'équivalence approximative des échantillons sous ce rapport.

Il est également à remarquer que les classes se répartissent également (13; 14; 14) entre les procédés. Cependant, le procédé 3 compte quatre écoles tandis que

Tableau V -1. - Répartition des sujets selon le sexe dans chacun des procédés pédagogiques.

		Procédé 1	Procédé 2	Procédé 3	Ensemble
Garçons	n	194	176	97	467
	%	19.1	17.3	9.6	46.0
	*	63.2	48.9	27.9	46.0
Filles	n	113	184	251	548
	%	11.1	18.1	24.8	54.0
	*	36.8	51.1	72.1	54.0
Total	n	307	360	348	1015
	%	30.2	35.5	34.3	100.0
	*	100.0	100.0	100.0	100.0

%: pourcentage par rapport à l'ensemble des sujets expérimentaux

*: pourcentage par rapport aux sujets d'un procédé.

Tableau V-2. - Répartition des sujets selon l'âge dans chacun des procédés pédagogiques.

		Procédé 1	Procédé 2	Procédé 3	Ensemble
< 16 ans	n	8	81	23	112
	%	0.8	8.0	2.3	11.0
	*	2.6	22.5	6.6	
16-17 ans	n	85	144	116	345
	%	8.4	14.2	11.4	34.0
	*	27.7	40.0	33.3	
17-18 ans	n	143	115	179	437
	%	14.1	11.3	17.6	43.0
	*	46.6	31.9	51.5	
> 18 ans	n	71	20	30	121
	%	7.0	2.0	2.9	12.0
	*	23.1	5.6	8.6	
âge	$\bar{X}$	17,6	16,8	17,1	17,1
	σ	1,1	0,11	0,8	1,1

%: pourcentage par rapport à l'ensemble des sujets expérimentaux.

*: pourcentage par rapport aux sujets d'un procédé.

Tableau V -3. - Répartition des sujets selon le milieu socio-économique.

Milieu socio-économique		Procédé 1	Procédé 2	Procédé 3	Ensemble
Supérieur	n	42	80	93	215
	%	4.1	7.9	9.2	21.2
	*	13.7	22.2	26.7	21.2
Moyen	n	185	221	216	622
	%	18.2	21.8	21.2	61.3
	*	60.2	61.4	62.1	61.3
Inférieur	n	80	59	39	178
	%	7.9	5.8	3.9	17.5
	*	26.1	16.4	11.2	17.5

%: pourcentage par rapport à l'ensemble des sujets expérimentaux

*: pourcentage par rapport aux sujets d'un procédé.

Tableau V -4. - Répartition des écoles et des classes par procédé pédagogique.

	Procédé 1	Procédé 2	Procédé 3	Ensemble
n. d'écoles	1	2	4	5
n. de classes	13	14	14	41
n. de classes en milieu urbain	0	3	12	15
n. de classes en milieu rural-urbain	13	11	2	26

les procédés 1 et 2 ont été utilisés dans une et deux écoles respectivement. Il est cependant à noter que trois des cinq écoles comprenaient en moyenne 400 à 500 élèves chacune; l'école du procédé 1 en compte environ 3,000; une des deux écoles du procédé 2 se compose d'environ 2,000 élèves. En ordre de grandeur, chacun des procédés pédagogiques s'adresse donc à des bassins de population étudiante à peu de chose près équivalents.

Le tableau V-5 fait voir que la totalité des sujets du procédé 1 en sont à leur première année d'étude de la physique, les 3/4 dans le cas du procédé 2 et le 1/3 dans le cas du procédé 3. Si le fait d'avoir préalablement étudié la physique représente un avantage, le procédé 3 était donc initialement avantagé au détriment des procédés 2 et 1.

Quelques professeurs participant à l'expérimentation nous avaient suggéré de tenir compte du fait que la mère travaille ou non en tant que facteur pouvant influencer la réussite scolaire. Le tableau V-6 illustre l'équivalence des procédés 2 et 3 à ce sujet. Ces deux sous-échantillons sont égaux à l'échantillon global pendant que l'échantillon du procédé 1 comporte moins de mères qui travaillent à l'extérieur du foyer. Les analyses préliminaires montrent que le facteur "travail de la mère à l'extérieur du foyer" n'a aucune influence dans la présente expérimentation; ces résultats sont consignés au tableau V-7.

Nous avons donc décidé d'éliminer ce facteur dans l'analyse finale des résultats. Le tableau V-7 n'illustre que ce fait: il serait erroné d'en conclure à la supériorité d'un procédé sur un autre car nous ne connaissons pas encore l'état initial des échantillons quant aux facteurs les plus prédictifs de la réussite scolaire en physique. Seules des analyses de covariance et de régression multiple pourront déterminer la prédominance d'un procédé dans une situation donnée.

Au tableau V-8, on note l'équivalence des procédés 2 et 3 quant aux moyennes d'années de scolarité et d'expérience des professeurs. On remarque une légère supériorité du procédé 1 sous ce rapport.

5.2. Déroulement de l'expérimentation

5.2.1. Premiers contacts avec les professeurs

Dans la majorité des pays, l'expérimentation pédagogique ne compte pas beaucoup d'adeptes au sein du corps professoral. En général, les professeurs ne connaissent pas très bien le véritable sens d'une expérimentation pédagogique et, de ce fait, se montrent souvent réticents à y participer. Nous avons cru discerner chez certains enseignants une crainte d'être jugés éventuellement par les autorités qui pourraient mal interpréter les résultats de la recherche. Afin de dissiper cette peur, nous nous sommes engagés, auprès des professeurs participants, à respecter la plus stricte discrétion au sujet des résultats

Tableau V -5. - Répartition des sujets selon qu'ils aient étudié ou non la physique l'année précédente.

		Procédé 1	Procédé 2	Procédé 3	Ensemble
Physique	n	0	87	224	311
	%	0	8.6	22.0	30.6
	*	0	24.2	64.4	30.6
Non physique	n	307	273	124	704
	%	30.3	26.9	12.2	69.4
	*	100.0	75.8	35.6	69.4

%: pourcentage par rapport à l'ensemble des sujets.

*: pourcentage par rapport aux sujets d'un procédé.

Tableau V-6. - Répartition des sujets selon que la mère travaille ou non.

		Procédé 1	Procédé 2	Procédé 3	Ensemble
oui	n	43	73	76	192
	%	4.2	7.2	7.5	18.9
	*	14.0	20.3	21.8	18.9
non	n	264	287	272	823
	%	26.0	28.3	26.8	81.1
	*	86.0	79.7	78.2	81.1

%: pourcentage par rapport à l'ensemble des sujets expérimentaux.

*: pourcentage par rapport aux sujets d'un procédé.

Tableau V -7. - Résultats au test de physique selon le fait que la mère travaille ou non à l'extérieur du foyer.

Procédé		mère travaille	mère ne travaille pas
1	$\bar{X}$	55.1	55.0
	σ	15.0	14.5
2	$\bar{X}$	47.4	49.5
	σ	13.9	14.8
3	$\bar{X}$	40.2	40.8
	σ	11.9	11.8
Ensemble	$\bar{X}$	46.3	48.4
	σ	14.6	14.9

N.B. les résultats sont en pourcentage et ne tiennent pas compte des dissemblances initiales des échantillons en ce qui a trait aux facteurs prédictifs.

Tableau V-8. - Répartition de certaines caractéristiques des professeurs.

Professeurs		Procédé 1	Procédé 2	Procédé 3	Ensemble
nombre		3	6	5	12*
années de scolarité	$\bar{X}$	17.1	16.7	15.9	16.5
	σ	0.30	1.43	0.37	1.08
années d'expérience	$\bar{X}$	7.8	4.3	4.4	5.5
	σ	1.46	1.92	1.99	2.45

N.B. les moyennes et les écart types sont pondérés pour le nombre de classes.

*: deux professeurs enseignaient à la fois des classes du procédé 2 et du procédé 3.

individuels. La crainte exprimée le plus souvent par les professeurs se rapportaient à de malheureuses expériences, vécues par eux ou certaines de leur connaissances, où certains essais au hasard avaient compromis la réussite scolaire des élèves et la réputation des enseignants, en plus de s'avérer dénués de tout sérieux et d'utilité.

En premier lieu, nous nous sommes donc attardés à comprendre et à vaincre l'animosité de certains professeurs envers la recherche pédagogique. Un document a été préparé à leur intention. Ce document énonçait le problème, faisant un bref inventaire des préparatifs amenant la présente recherche, décrivait le schéma expérimental et assurait les professeurs du sérieux de l'entreprise. Ce rapport fut présenté à tous les professeurs ainsi qu'à l'exécutif de l'Association des Professeurs de Sciences du Québec. Il s'en est suivi de nombreuses rencontres entre les parties intéressées. L'étude en commun du document a permis l'établissement de relations très cordiales entre professeurs et chercheurs amenant un climat de travail très favorable. Chacun fut laissé libre de participer de façon à s'assurer la plus franche collaboration possible.

5.2.2. Climat général

Tout au long de l'expérimentation, l'attitude des professeurs a été excellente que ce soit lors de l'administration des pré-tests et du post-test ou lors du

classement des élèves. A titre d'exemple signalons le fait que tous les exemplaires du test de physique ont pu être récupérés comme nous le souhaitions. Cette précaution était nécessaire afin d'éviter toute fuite de questions inscrites au test final, et de permettre son utilisation future. Malgré l'attrait manifesté des professeurs envers le test de physique, la grande majorité des enseignants n'ont même pas consulté un exemplaire de l'examen.

L'attitude des élèves a été normale: l'expérimentation n'a rien changé à leurs comportements habituels car rappelons que les élèves n'étaient pas au courant de la situation expérimentale. Les pré-tests leur ont été présentés comme des tests d'orientation qui ont été effectivement utilisés à cette fin dans certaines écoles; le test de physique a été présenté comme un examen du Ministère de l'Education du Québec.

5.2.3. Déroulement de l'expérimentation

5.2.3.1. Début de l'expérimentation

L'expérimentation devait se dérouler selon une séquence bien précise décrite au chapitre III. Cette séquence a été suivie intégralement, mais à des périodes différentes de l'année pour divers groupes de classes, précaution rendue nécessaire par l'existence de plusieurs programmes officiels de physique. Le début de l'expérimentation a eu lieu fin septembre dans certains cas,

milieu novembre ou janvier dans d'autres. Nous croyons que ces différences ont peut-être pu avoir des conséquences en ce qui concerne les rendements au test d'intérêts. Contrairement à certains traits (facteurs g, S, V, N et compréhension de lecture) qui ne peuvent pas évoluer beaucoup en si peu de temps, les intérêts peuvent fluctuer énormément. Quoi qu'il en soit les tests décrivent toujours la situation au tout début de l'expérimentation et le test de physique tient compte du rendement des élèves en physique, relativement à certaines notions précises, à la fin de l'expérimentation. S'il est possible qu'il y ait eu variations importantes dans les facteurs d'intérêts, nous verrons à l'analyse des résultats que cette possibilité revêt peu d'importance.

5.2.3.2. Contrôle de l'activité en classe

Nous avons dû abandonner un instrument sur lequel nous comptions pour décrire ce qui se passait dans chacune des classes. La moitié des professeurs nous ont affirmé que la formule était peu pratique et qu'ils n'avaient pas le temps de la compléter convenablement.

Il aurait été nécessaire de visiter régulièrement les classes expérimentales. Cela n'a pas été possible à cause du grand nombre de classes, d'un programme chargé d'expérimentation et de l'absence de personnel de

Tableau V-9. - Durée de l'expérimentation pour chacun des procédés.

Procédé	Nombre de périodes*
1	20
2	22
3	25

* période de 45 minutes

soutien. À l'occasion, nous avons pu jeter un coup d'oeil sur ce qui se passait dans toutes les classes; nous pouvons affirmer qu'en ces occasions les professeurs s'en tenaient au procédé choisi. À ce sujet, faute de mieux, nous devons donc nous en remettre aux affirmations des enseignants et aux fiches de travail remplies par certains d'entre eux.

5.2.3.3. Le facteur temps

Le temps écoulé entre le début et la fin de l'expérimentation n'a pas été le même pour chacun des procédés. Deux raisons peuvent expliquer ce fait. Premièrement, le programme officiel de physique n'était pas rigoureusement le même à l'intérieur de chacun des procédés. La différence réside principalement dans le fait que, dans le programme du procédé traditionnel, on doit insister beaucoup plus sur la notion de force. En plus de la force, cause de déformation ou de mouvement, on y traite d'équilibre statique. Dans le procédé expérimental, on insiste presqu'exclusivement sur l'aspect production du mouvement. Deuxièmement, le rythme de progression est différent dans chaque cas. Nous avions prévu un temps légèrement inférieur pour le procédé traditionnel; c'est ce que nous obtenons si nous retranchons 5 ou 6 périodes que ce procédé a consacrées à d'autres aspects de la force (voir tableau V-9). Les différences

observées permettent cependant d'affirmer que le facteur temps est négligeable dans la présente recherche.

5.2.3.4. Le test de physique

Nous avons essayé de maintenir les conditions les plus stables possibles pour l'administration du test de physique. Tous les tests ont été administrés de sept à dix jours après le dernier cours portant sur les notions choisies. Les mêmes directives ont été données aux élèves.

Il était cependant impossible de maintenir toutes les conditions rigoureusement constantes. Les salles d'examen différaient forcément car les classes étaient situées dans des écoles éloignées les unes des autres; ce lieu était en général un amphithéâtre ou une grande salle. Une surveillance stricte était cependant exercée par plusieurs professeurs et les responsables de la présente recherche. Le moment de la journée était aussi différent pour des raisons administratives; le temps de l'année était différent à cause des programmes. Il en était de même pour les conditions atmosphériques. Nous ne pouvons pas évaluer l'importance des différences énumérées ci-dessus et l'influence qu'elles ont pu avoir sur le rendement des élèves.

5.3. Procédure de correction des instruments de mesure

Au chapitre IV, on explique la procédure qui a été suivie pour la correction des pré-tests. C'est par

souci d'objectivité que nous avons tenu à ne pas être impliqués dans la correction. Les scores à chacun des pré-tests ont ensuite été inscrits dans les dossiers des élèves par des personnes étrangères au projet.

En ce qui concerne le test de physique, toutes les réponses objectives ont été inscrites dans les dossiers individuels par des personnes étrangères à la présente recherche, n'ayant jamais vu le test de physique et n'étant pas au courant des bonnes réponses. Pour s'assurer de la transcription fidèle des réponses, nous avons vérifié 80 dossiers selon la même procédure décrite au chapitre IV. Tous les dossiers ont ensuite été remis au Service d'Informatique du Ministère de l'Education du Québec où des employés ont transcrit les données sur cartes perforées. C'est à partir de ces cartes que le test de physique a été corrigé par ordinateur. Il n'était alors pas nécessaire de vérifier cette correction.

5.4. Distribution et regroupement des procédés pédagogiques

Initialement, chacun des enseignants a été invité à définir le procédé pédagogique qu'il entendait utiliser. Le fait de participer à une expérimentation pédagogique ne devait pas influencer le choix des professeurs. Il s'est avéré que tous les participants ont choisi un des procédés définis au chapitre III. Le tableau V-10 illustre le nombre de classes par procédé pédagogique.

On remarque que le procédé 2 ne comprend que 4 classes. Se référant à la définition des procédés pédagogiques, on s'aperçoit que ce qui distingue les numéros 1 et 2, c'est le rôle de la pré-discussion, et que la distinction majeure entre les numéros 1, 1A et 2, c'est le degré de dirigisme de chacun des procédés. Puisque la distinction entre les procédés 1 et 2 était mineure, et que le procédé 2 n'était utilisé que dans quatre classes, il fut donc décidé de regrouper les procédés 1 et 2 pour former un groupe de 14 classes devenant ainsi le nouveau procédé 2.

On obtient donc:

procédé 1: procédé de redécouverte dirigée

procédé 2: procédé de redécouverte simple,

procédé 3: procédé traditionnel.

La nouvelle distribution des classes est illustrée au tableau V-11.

Tableau V-10. - Distribution des classes selon chacun des procédés pédagogiques choisis.

PROCEDE	NO. DE CLASSES
1A	13
1	10
2	4
6	14

Tableau V-11. - Distribution des classes selon les trois procédés pédagogiques principaux

PROCEDE	NO. DE CLASSES
1	13
2	14
3	14
TOTAL	41

C H A P I T R E VI

ANALYSE DES RESULTATS

CHAPITRE VI: Analyse des Résultats

6.0 Introduction

Dans le document original, l'analyse des résultats comprend plus de cent pages. Dans le présent résumé nous avons essayé de conserver l'essentiel. Les détails techniques et les résultats de moindre intérêt ont été omis.

6.1 Buts

L'analyse des résultats vise deux buts principaux:

A) Éprouver la véracité des hypothèses formulées au chapitre III,

B) Identifier les facteurs les plus prédictifs de la réussite scolaire en physique afin de permettre des regroupements plus réalistes des élèves en fonction des procédés pédagogiques.

6.2. Identification des variables

L'analyse des résultats doit considérer vingt-sept variables. Ces dernières se divisent en trois groupes:

1) variables dépendantes

2) variables indépendantes

3) facteurs.

Les variables indépendantes sont au nombre de quinze:

- compréhension de lecture,
- facteurs G, spatial, verbal et numérique,
- dix facteurs d'intérêt de Thurstone.

On compte cinq variables dépendantes:

- test de physique
- quatre parties ou sous-tests du test de physique.

Sept facteurs ont été retenus:

- procédés pédagogiques,
- sexe,
- milieu socio-économique,
- âge,
- mère travaille ou non,
- étude antérieure ou non de la physique.

L'analyse préliminaire (près de 1400 analyses) a permis d'éliminer un certain nombre de facteurs qui n'ont aucun rôle à jouer dans la présente expérimentation. La comparaison des moyennes à l'aide d'un test statistique a permis de déterminer que:

1. à un même niveau scolaire, l'âge n'est pas un facteur déterminant de la réussite scolaire en physique,
2. le fait que la mère travaille ou pas à l'extérieur du foyer n'a pas d'influence sur la réussite scolaire en physique,
3. un apprentissage antérieur de la physique ne favorise

pas la réussite scolaire dans ce domaine,

4. les résultats au test de physique sont indépendants du milieu socio-économique.

6.3. Type général de l'analyse

Le type général de l'analyse est celui de la co-variance et de la variance. Albert Roberge[1] résume d'une façon claire la signification du type d'analyse que nous entendons faire:

> Rappelons ici que l'analyse de la co-variance a pour but de rendre tous les groupes comparables comme s'ils étaient équivalents au point de départ, pour interpréter les écarts dans le rendement. De là, deux procédés de clacul: d'abord, établir une moyenne commune pour le pré-test et, ensuite, par régression linéaire, estimer la moyenne du post-test que chaque groupe aurait dû obtenir si la moyenne initiale avait été équivalente. Lorsque nous avons trouvé ainsi les moyennes corrigées ou estimées, il ne reste qu'à procéder à l'analyse de la variance selon la méthode usuelle.
>
> Au préalable, il faut cependant déterminer les

---

(1) Roberge Albert, Expérience sur l'enseignement par télescript, Institut de Recherche Pédagogique du Ministère de l'Education du Québec, août 1970, p. 80

variables indépendantes importantes, c'est-à-dire les variables les plus prédictives quant à la réussite scolaire en physique.

6.4. Détermination des variables indépendantes les plus prédictives

Afin de déterminer les variables que nous allions conserver pour l'analyse générale, vingt variables ont été mise en corrélation.

A) Les variables compréhension de lecture, G, S, V, N sont en corrélation positive avec chacun des sous-tests de physique ainsi qu'avec le test total.

B) Les corrélations entre les différentes parties du test d'intérêt et le test de physique sont faibles. Trois sont cependant significatives au niveau 0.01 (>.08): sciences physiques, sciences biologiques et usage des nombres.

C) Le facteur G est le plus prédictif en ce qui concerne le total du test de physique et l'acquisition des connaissances. Pour les autres sous-tests du test de physique, c'est le facteur V qui s'avère le plus prédictif.

D) Le facteur compréhension de lecture est la

seconde variable la plus prédictive en ce qui concerne le test total de physique et l'acquisition des connaissances.

E) Le facteur compréhension de lecture est très relié au facteur verbal.

Les observations qui précèdent corroborent les résultats de recherches énoncés au chapitre III. La matrice de corrélation fait ressortir les mêmes variables les plus prédictives.

Pour l'analyse générale, nous étions donc justifiés de ne conserver que deux variables indépendantes, soient les facteurs G et compréhension de lecture. Ces deux dernières variables sont les plus prédictives en ce qui concerne le résultat général en physique; toutes deux sont en plus fortement reliées au facteur V (coefficients de 0.45 et 0.57). La variable compréhension de lecture sera utilisé à titre de co-variable, et la variable G pour classer les élèves en faibles, moyens et forts.

6.5. Etapes de l'analyse

L'ensemble des résultats est soumis à l'analyse de la covariance et de la variance selon le modèle indiqué à la section précédente.

Au cours d'une première étape, nous allons considérer les résultats à l'ensemble du test de physique.

Nous pourrons ainsi vérifier la plausibilité de la première hypothèse émise au chapitre III.

Lors d'une deuxième étape, l'analyse est refaite, mais cette fois en considérant les élèves forts, moyens et faibles selon le facteur générale d'intelligence. Les hypothèses 2, 3, 4, 5 et 6 pourront ainsi être vérifiées.

Au cours d'une troisième étape, l'analyse est recommencée en considérant les résultats des élèves forts, moyens et faibles à chacune des quatre parties du test de physique. Nous verrons alors qu'il sera nécessaire de tenir compte du facteur sexe aux niveaux de l'application et de l'analyse - synthèse - évaluation.

6.6. Vérification de la première hypothèses

La première hypothèse s'énonce de la façon suivante:

Pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé de redécouverte dirigée permettra aux élèves d'obtenir des résultats statistiquement supérieurs à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom, comparativement aux résultats obtenus par des élèves ayant étudié la physique selon d'autres procédés pédagogiques.

La vérification de cette hypothèse nécessite la connaissance de deux choses. Premièrement, l'influence du sexe sur l'ensemble des résultats. Et deuxièmement,

il s'agit de savoir si les groupes sont équivalents en regard de la variable C. Dans le premier cas, l'analyse de la variance montre qu'il n'y a aucune différence significative entre les résultats obtenus par les garçons et par les filles à l'ensemble du test de physique (tableaux VI-1, VI-2 et figure VI-1). Dans le deuxième cas, le tableau VI-3 et la figure VI-2 illustrent l'équivalence des échantillons selon le facteur général d'intelligence.

Nous pouvons maintenant procéder à l'analyse des résultats en ne considérant que le facteur procédé pédagogique. L'analyse de la variance indique qu'il y a des différence significatives. Ces conclusions sont illustrées par les tableaux VI-4 et VI-5 ainsi que par la figure VI-3. Le tableau VI-5 indique qu'il existe une différence significative entre les procédés 1 et 2. Au tableau VI-6 sont compilées les moyennes de chacun des procédés pédagogiques au test de physique, lesquelles moyennes sont ajustées selon le co-variable compréhension de lecture. De la même façon, le tableau indique l'existence d'une différence significative entre les procédés 1 et 3.

Ces résultats confirment donc la première hypothèse.

6.7. Vérification des hypothèses 2, 3, 4, 5 et 6

6.7.1. Vérification de la deuxième hypothèse

L'hypothèse no. 2 s'énonce de la façon suivante:

Dans le cas des élèves forts[2], pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, les résultats à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom seront statistiquement indépendants du procédé pédagogique utilisé.

Pour vérifier la plausibilité de cette hypothèse, il s'agit maintenant d'effectuer des comparaisons au niveau des cellules. La procédure utilisée est celle de Scheffé. On trouve les résultats de ces analyses au tableau VI-7. Pour fin de comparaison, le F critique est 20.08 au niveau α = .01 . L'hypothèse no. 2 se trouve en partie confirmée par les résultats. Seule la différence entre les procédés 1 et 3 s'avère significative, ce qui va à l'encontre de l'hypothèse. L'hypothèse est cependant vérifiée lors des comparaisons 1-2 et 2-3; on remarque que le F est près de la valeur critique dans le cas de 2-3.

6.7.2. Vérification des troisième et cinquième hypothèses

Hypothèse no. 3

Dans le cas des élèves moyens[3], pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé de redécouverte dirigée permettra des résultats statistiquement supérieurs à ceux obtenus en suivant un procédé de type traditionnel, relativement à un test de physique

---

(2) situés à $> \bar{X} + \sigma$ selon le facteur G
(3) situés à $> M - \sigma$ selon le facteur G
$< M + \sigma$

structuré selon la taxonomie de Bloom.

Hypothèse no. 5

Dans le cas des étudiants moyens, pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé de redécouverte dirigée permettra des résultats statistiquement supérieurs à ceux obtenus en suivant un procédé de type expérimental non dirigé, relativement à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom.

Afin de vérifier ces deux hypothèses, la même procédure utilisée en 6.7.1. a été utilisée. Les résultats des comparaisons sont consignés au tableau VI-9. La différence entre les procédés 1 et 2 étant significative, l'hypothèse no. 5 est vérifiée.

En ce qui concerne l'hypothèse no. 3, il n'a pas été nécessaire de calculer F car la différence entre 2 et 3 est significative. On peut donc conclure que l'hypothèse no. 3 est également vérifiée.

6.7.3. Vérification des quatrième et sixième hypothèse

Hypothèse no. 4

Dans le cas des élèves faibles[4], pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé de redécouverte dirigée permettra des résultats statistiquement supérieurs à ceux obtenus en suivant un procédé

---

(4) situés à $< \overline{X} - \sigma$ selon le facteur G

de type traditionnel, relativement à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom.

Hypothèse no. 6

Dans le cas des élèves faibles, pour un âge, un sexe et un milieu socio-économique déterminés, un procédé de redécouverte dirigée permettra des résultats statistiquement supérieurs à ceux obtenus en suivant un procédé de type expérimental non dirigé, relativement à un test de physique structuré selon la taxonomie de Bloom.

La même procédure a été utilisée pour vérifier les hypothèses 4 et 6. Les résultats sont indiqués au tableau VI-11. En premier lieu, on remarque que l'hypothèse no. 4 est vérifiée, les élèves faibles du procédé 1 obtiennent en effet des résultats statistiquement supérieurs au même groupe d'élève du procédé 3.

L'hypothèse no. 6 n'est cependant pas vérifiée: le F calculé entre les procédés 1 et 2 n'est pas significatif.

6.8 Exploration

A la lumière de l'analyse des résultats portant sur le test global de physique, nous avons voulu savoir si les différences significatives observées se retrouvent de la même façon au niveau des quatre sous-tests de physique: rappelons que le test global de physique a été structuré selon la taxonomie de Bloom.

Nous n'entrerons pas ici dans tous les détails de l'analyse des résultats. Rappelons cependant, qu'au sujet des catégories application et analyse, il a été nécessaire de distinguer entre les garçons et les filles, les résultats respectifs étant significativement différents.

La synthèse de l'analyse complète des résultats est présentée au tableau VI-13.

L'ensemble des résultats démontre clairement qu'un procédé traditionnel ne favorise en aucun cas l'apprentissage de la physique.

Dans le cas des élèves moyens, pour l'ensemble du test de physique et pour l'acquisition des connaissances, le procédé de redécouverte dirigée est préférable au procédé de redécouverte simple.

Quel que soit le regroupement, la tendance est telle que les élèves du procédé de redécouverte dirigée obtiennent une moyenne plus élevée que les élèves du procédé de redécouverte simple. Il est également à remarquer que, dans certains cas, le procédé 3 est aussi avantageux que le procédé 2.

Tableau VI-1 . - Distributions (%) des notes au test de physique selon le sexe.

CLASSE	GARCONS	FILLES
0-4	0.0	0.0
6-10	0.0	0.4
12-16	0.6	0.5
18-22	3.2	2.6
24-28	5.4	5.5
30-34	10.3	9.9
36-40	13.1	17.2
42-46	14.1	15.9
48-52	13.1	17.3
54-58	14.1	12.2
60-64	10.9	8.4
66-70	4.7	4.2
72-76	4.7	4.6
78-82	3.4	1.1
84-88	1.7	0.4
90-94	0.6	0.0
96-100	0.0	0.0
N	467	548
$\bar{X}$	49.4	46.8
σ	15.9	13.9

Figure VI-1 ._ Polygones de fréquences (%) des notes au test de physique selon le sexe

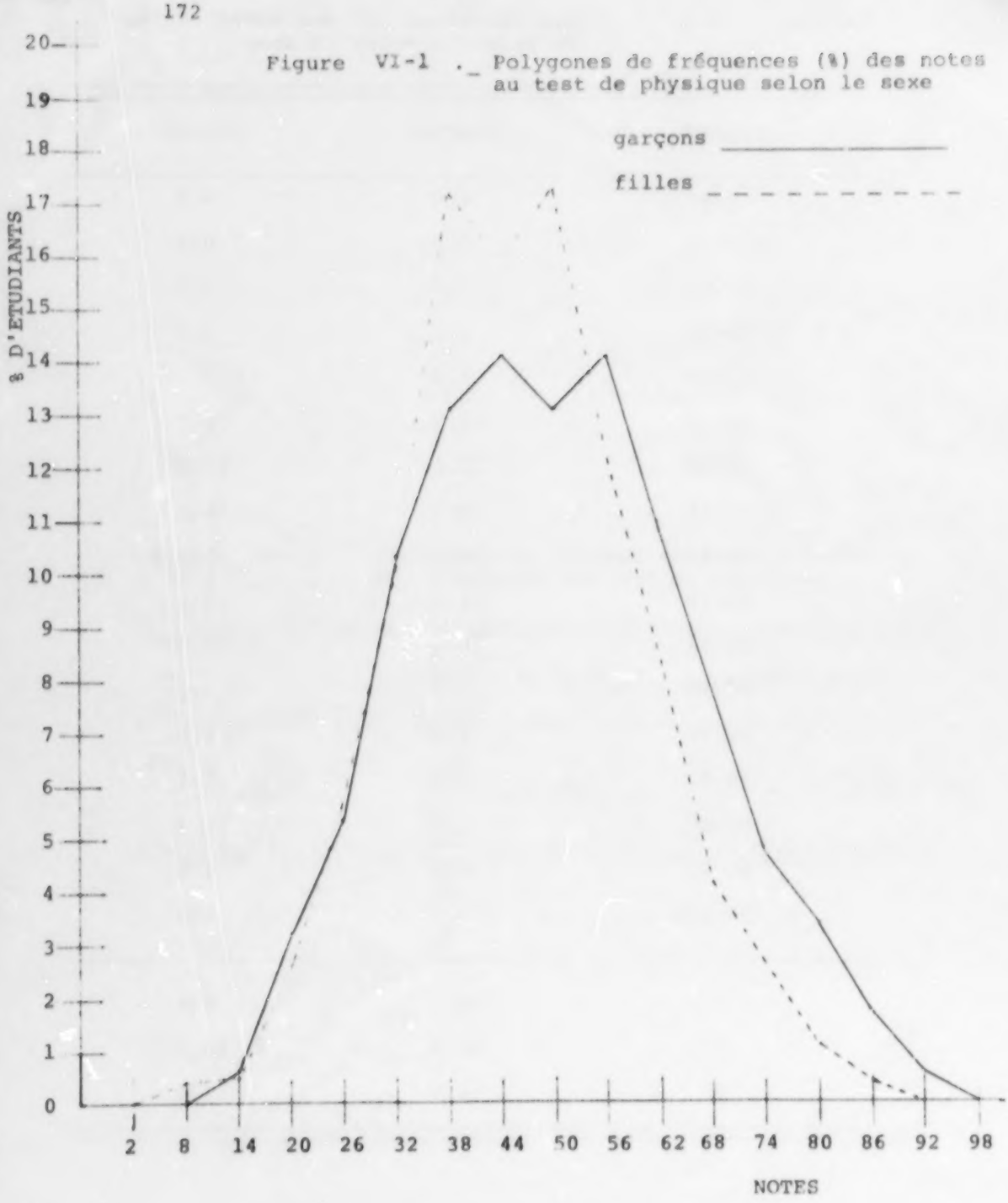


Tableau VI-2. - Influence du facteur sexe sur l'ensemble des résultats au test de physique

F	degrés de liberté	signification
1.66	1 et 996	$P < 0.20$

Tableau VI-3 . - Distributions (%) des scores au facteur d'intelligence générale G

CLASSE	PROCEDE 1	PROCEDE 2	PROCEDE 3	ENSEMBLE
40-49	0.0	0.0	0.0	0.0
50-59	0.0	0.3	0.0	0.1
60-69	0.0	0.0	0.9	0.3
70-79	1.3	2.5	1.4	1.8
80-89	10.1	5.8	8.6	8.1
90-99	21.8	17.2	20.7	19.8
100-109	32.9	33.8	31.0	32.0
110-119	20.5	28.9	25.3	25.1
120-129	8.8	8.6	9.2	8.9
130-139	2.6	4.7	2.9	3.4
140-149	0.0	1.4	0.0	0.5
150-159	0.0	0.0	0.0	0.0
N	307	360	348	1015
$\bar{X}$	104.4	107.1	105.2	105.6
σ	12.3	13.6	12.8	13.0

Figure VI-2 ._ Polygones de fréquences (%) des scores au facteur G pour chacun des procédés pédagogiques

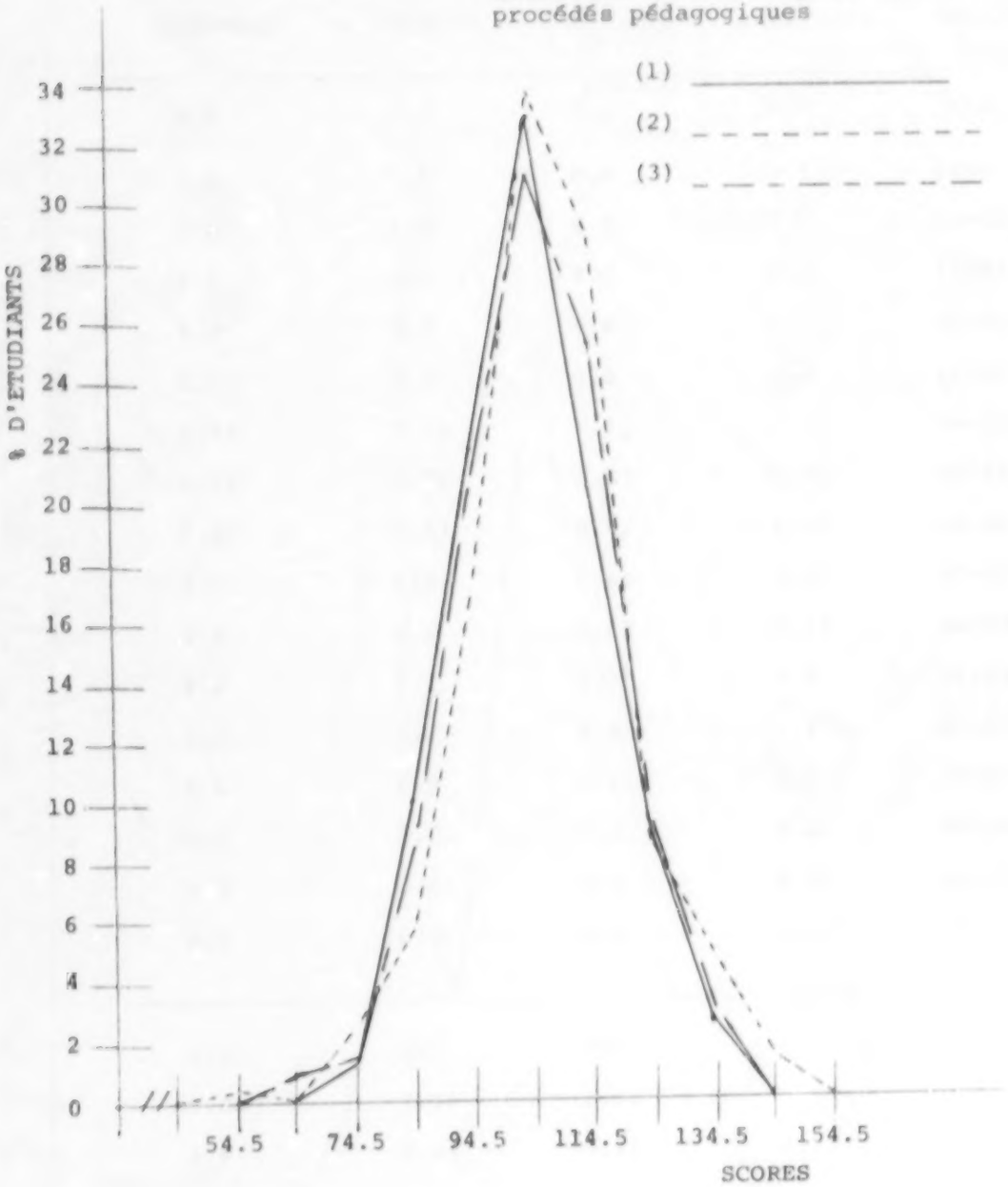


Tableau VI-4 . - Distributions (%) des notes au test de physique pour chacun des procédés et pour l'ensemble des sujets expérimentaux.

CLASSE	PROCEDE 1	PROCEDE 2	PROCEDE 3	ENSEMBLE
0-4	0.0	0.0	0.0	0.0
6-10	0.0	0.3	0.3	0.2
12-16	0.0	0.8	0.9	0.6
18-22	1.0	2.8	4.6	2.9
24-28	2.6	3.6	9.8	5.4
30-34	6.5	8.9	14.4	10.0
36-40	4.9	14.4	25.3	15.3
42-46	13.4	14.9	17.8	15.1
48-52	17.9	15.8	12.6	15.4
54-58	16.6	14.7	8.3	13.1
60-64	13.0	13.0	2.9	9.6
66-70	8.5	3.6	1.7	4.4
72-76	9.1	4.2	1.1	4.6
78-82	3.9	2.5	0.3	2.2
84-88	1.6	1.7	0.0	1.0
90-94	1.0	0.0	0.0	0.3
96-100	0.0	0.0	0.0	0.0
N	307	360	348	1015
$\bar{X}$	55.0	49.1	40.7	48.0
σ	14.6	14.7	11.8	14.9

Figure VI-3. _ Polygones de fréquences (%) des notes au test de physique pour chacun des procédés

procédé 1 _____

procédé 2 _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

procédé 3 _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

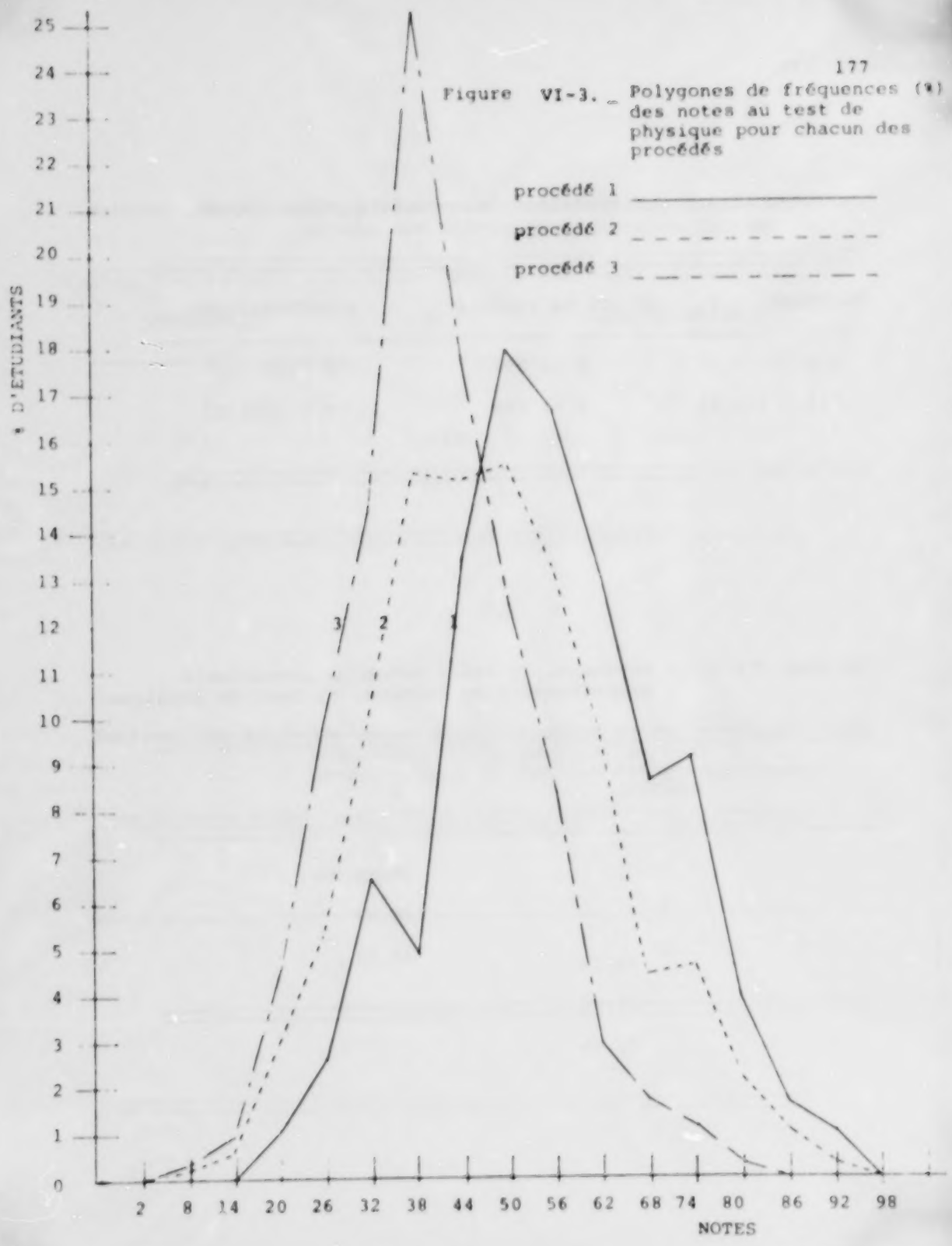


Tableau VI-5. - Comparaison des procédés pédagogiques.

PROCEDES	F	DEGRES DE LIBERTE	SIGNIFICATIONS
1-2	4.16	1 et 996	$P < .04$ (S)
1-3	180.43	1 et 996	$P < .0001$ (S)

Tableau VI-6. - Moyennes, ajustées selon la co-variable compréhension de lecture, au test de physique

PROCEDE	$\bar{X}$
1	55.15
2	48.89
3	39.59

Tableau VI-7. - Comparaison des procédés pédagogiques au niveau des élèves supérieurs au facteur G

PROCEDES	F	SIGNIFICATION
1-2	7.42	N.S.
2-3	19.19	N.S.
1-3	44.60	S.

Tableau VI-8. - Moyennes, ajustées selon la co-variable compréhension de lecture, au test de physique dans le cas des élèves supérieurs

PROCEDES	$\bar{X}$
1	61.67
2	55.41
3	46.11

Tableau VI-9. - Comparaison des procédés pédagogiques au niveau des élèves moyens au facteur G

PROCEDES	F	SIGNIFICATION
1-2	30.85	S
2-3	73.39	S
1-3	non calculé	S

Tableau VI-10. - Moyennes, ajustées selon la co-variable compréhension de lecture, au test de physique dans le cas des élèves moyens

PROCEDES	$\bar{X}$
1	54.65
2	48.39
3	39.10

Tableau VI-11 - Comparaison des procédés pédagogiques au niveau des faibles selon le facteur G

PROCEDES	F	SIGNIFICATION
1-3	50.24	S.
1-2	8.06	N.S.

Tableau VI-12.- Moyennes, ajustées selon la co-variable compréhension de lecture, au test de physique dans le cas des élèves faibles

PROCEDES	$\bar{X}$
1	49.13
2	42.87
3	33.57

Tableau VI-13. - Synthèse des différences significatives observées lors de l'analyse des résultats.

ECHANTILLON	COMPARAISONS		
TEST GLOBAL	1-2	2-3	1-3
Ensemble	1*	2	1
Elèves supérieurs			1
Elèves moyens	1	2	1
Elèves faibles		2	1
ACQUISITION DES CONNAISSANCES			
Elèves supérieurs			
Elèves moyens	1	2	1
Elèves faibles			1
COMPREHENSION			
Elèves supérieurs		2	1
Elèves moyens		2	1
Elèves faibles			1

Tableau VI-13. - (suite)

	1-2	2-3	1-3
APPLICATION (GARCONS)			
Elèves supérieurs		X	X
Elèves moyens			1
Elèves faibles			
APPLICATION (FILLES)			
Elèves supérieurs			
Elèves moyens			1
Elèves faibles			
ANALYSE - SYNTHESE - EVALUATION (GARCONS)			
Elèves supérieurs		X	X
Elèves moyens			1
Elèves faibles			

Tableau VI-13. - (suite)

	1-2	2-3	1-3
ANALYSE _ SYNTHESE - EVALUATION (FILLES)			
Elèves supérieurs			
Elèves moyens			
Elèves faibles			

X: aucune comparaison possible à cause du nombre trop restreint de sujets

*: le chiffre indique qu'il existe une différence significative en faveur du procédé indiqué

TOTAL DES DIFFERENCES SIGNIFICATIVES	
Procédé 1 :	15
Procédé 2 :	6
Procédé 3 :	0

CHAPITRE VII

EPILOGUE

CHAPITRE VII: EPILOGUE

7.1 Conclusions

Le but de cette recherche était de comparer expérimentalement les principaux procédés pédagogiques en usage dans l'enseignement de la physique au Québec. Ces divers procédés ont pu être regroupés sous les vocables:

1. procédé de redécouverte dirigée
2. procédé de redécouverte
3. procédé traditionnel.

A titre d'instrument de mesure, un test structuré selon la taxonomie de Bloom a été utilisé. Nous croyons avoir pris toutes les précautions nécessaires afin d'assurer l'objectivité et la validité des résultats obtenus.

Avant de dégager de cette étude les conclusions qui s'imposent, il convient de souligner deux séries de résultats importants.

1. Tels que mesurés dans la présente étude, les facteurs suivants n'influencent pas la réussite des élèves en physique:
   - milieu socio-économique,
   - âge,
   - travail ou non de la mère à l'extérieur du foyer,
   - étude antérieure ou non de la physique,

- professeur.

2. La présente étude a permis d'isoler, les facteurs les plus prédictifs de la réussite scolaire en physique. Ce sont dans l'ordre:
   - facteur intelligence générale,
   - compréhension de lecture,
   - facteur verbal.

Ces résultats corroborent les conclusions d'études menées à l'étranger, notamment celles de Lewis en Angleterre.

7.1.1. Première conclusion

La première conclusion est relative au procédé traditionnel. D'une façon constante, on remarque que les élèves qui étudient la physique selon le procédé traditionnel obtiennent des résultats inférieurs aux deux autres procédés. Aucune différence significative observée lors de l'analyse des résultats n'est en faveur de ce procédé. On peut donc conclure que le procédé tradionnel, employé dans l'enseignement de la physique, présente un handicap pour les élèves comparativement aux deux autres procédés et relativement aux objectifs de l'enseignement de la physique tels que définis au cours de la présente étude.

7.1.2. Deuxième conclusion

Cette conclusion et celles qui suivent font abstraction du procédé traditionnel et ne se rapportent

qu'aux procédés de redécouverte dirigée et de redécouverte.

En scrutant les résultats, on s'aperçoit que globalement, c'est-à-dire en considérant les deux échantillons, le procédé de redécouverte dirigée permet aux élèves d'obtenir des résultats supérieurs aux résultats des élèves du procédé de redécouverte.

7.1.3. Troisième conclusion

Si on considère les élèves de niveau supérieur, c'est-à-dire les 16% supérieurs au test du facteur général d'intelligence, on s'aperçoit que les procédés de redécouverte dirigée et de redécouverte permettent aux élèves d'obtenir des résultats qui ne sont pas statistiquement différents.

7.1.4. Quatrième conclusion

Si on considère les élèves moyens, c'est-à-dire ceux compris entre $\bar{X} \pm \sigma$ au test de facteur G (68% des élèves), on s'aperçoit que le procédé de redécouverte dirigée permet à ce groupe d'élèves d'obtenir des résultats statistiquement supérieurs à ceux du procédé de redécouverte. Cette différence semble attribuable surtout à l'acquisition des connaissances; on remarque cependant une nette tendance en faveur du procédé de redécouverte dirigée selon tous les objectifs de la taxonomie de Bloom.

7.1.5. Cinquième conclusion

Si on considère les élèves faibles, c'est-à-dire

les 16% inférieurs au test de facteur G, on s'aperçoit que les procédés de redécouverte dirigée et de redécouverte permettent aux élèves d'obtenir des résultats qui ne sont pas statistiquement différents. Il est cependant à noter que les résultats obtenus par le procédé de redécouverte dirigée sont toujours supérieurs à ceux des élèves du procédé de redécouverte.

7.1.6. Sixième conclusion

Quel que soit le procédé pédagogique, il est à noter que les garçons obtiennent des résultats qui sont statistiquement supérieurs à ceux des filles relativement à l'application et à l'analyse-synthèse-évaluation.

7.2. Validité des conclusions

Les conclusions qui précèdent doivent être interprétées dans les limites de l'expérimentation. Rappelons tout d'abord que le test de physique ne mesure que les objectifs cognitifs et non affectifs de l'enseignement de la physique. A cause de contraintes expérimentales expliquées au Chapitre III, il faut aussi tenir compte du fait que le test de physique ne mesure le rendement des élèves que pour quatre notions physiques bien précises: notion de force, loi de Galilée, deuxième loi de Newton, chute des corps, et certaines connaissances connexes. Rappelons aussi que les deux derniers sous-tests se sont avérés d'une fidélité relativement basse, ce qui doit rendre les jugements prudents. Il est à noter que

la validité de contenu du test de physique est relative au jugement d'un groupe de seize professeurs de physique.

7.3. Recommandations

7.3.1. Première recommandation

Toutes les fois que les conditions matérielles et la préparation psycho-pédagogique des professeurs le permettent, nous suggérons que le procédé traditionnel soit abandonné en faveur d'un procédé expérimental d'enseignement de la physique.

7.3.2. Deuxième recommandation

Nous suggérons qu'un système de trois voies soit adopté dans l'enseignement de la physique. A l'intérieur d'un programme s'échelonnant sur deux années, le système devrait avoir les caractéristiques suivantes (figure VII-1):

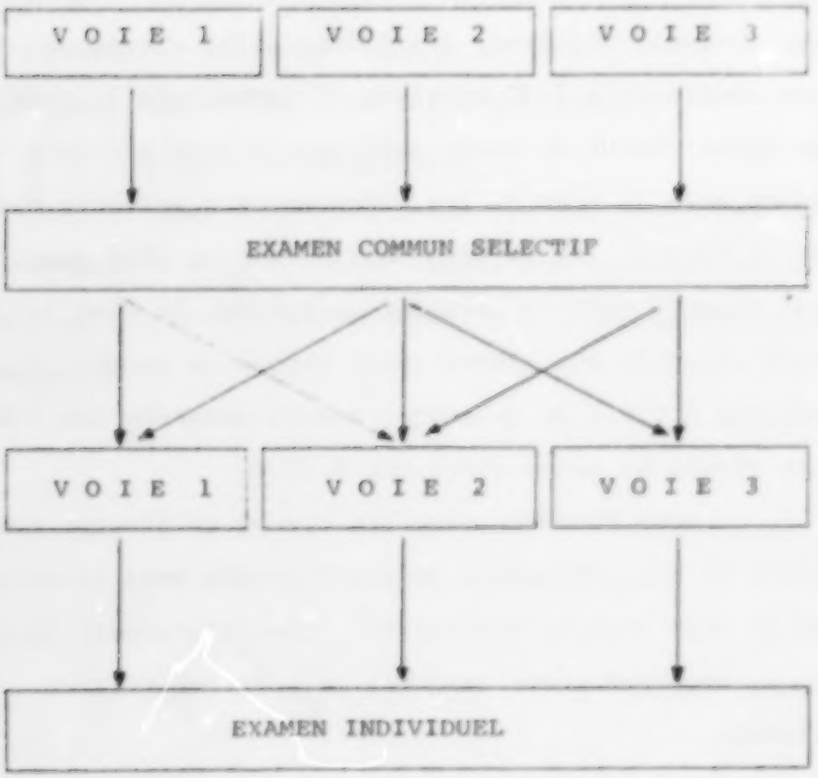
A) décloisonnement

- L'élève doit avoir la possibilité de changer de voie après une première année d'étude selon ses résultats à un test de physique commun aux trois voies.

B) procédé pédagogique approprié

- à la voie 1, on attribuerait un procédé de redécouverte,
- à la voie 2, on attribuerait un procédé de redécouverte dirigée,
- à la voie 3, on attribuerait un procédé de redécouverte plus dirigée qu'en 2, ou le

Figure -1._ Schéma d'un cours de physique à trois voies et portant sur deux années



même procédé de redécouverte avec allègement de programme.

7.3.3. Troisième recommandation

Nous suggérons que le classement initial des élèves en trois voies soit fonction des notes obtenues à un test de facteur général d'intelligence. Dans un grand ensemble d'élèves, les élèves ayant obtenu un score supérieur à $\bar{X}+\sigma$ seraient dirigées vers la voie 1, ceux ayant obtenu un score inférieur à $\bar{X}-\sigma$ seraient dirigés vers la voie 3, les élèves moyens seraient dirigés vers la voie 2. Si le test utilisé est le même que celui employé dans la présente recherche, la voie 1 serait composée des élèves ayant obtenu un score supérieur à 118.6 et la voie 3 serait composée des élèves ayant obtenu un score inférieur à 92.6.

Nous suggérons que les élèves se situant sur les limites de classification soient acceptés sous probation dans la voie voisine supérieure. Leur classement pourrait être reconsidéré après quelques mois en fonction du rendement.

7.3.4. Quatrième recommandation

Nous suggérons que des recherches soient entreprises afin de déterminer les raisons pour lesquelles les filles obtiennent des résultats inférieurs à ceux des garçons. Peut-être que nous pourrions ensuite mettre au point des procédés pédagogiques pouvant favoriser chez

les filles l'acquisition des concepts physiques.

7.3.5. Cinquième recommandation

Nous suggérons que plus de recherches soient entreprises afin de mieux connaître les mécanismes d'acquisition des concepts en sciences au niveau des adolescents. Ceci permettrait de mettre au point des procédés pédagogiques en tenant compte de l'adéquation du contenu scientifique et des structures mentales.

7.3.6. Sixième recommandation

Nous suggérons aussi que des recherches soient entreprises afin de tenir compte des intérêts et de la vie affective des adolescents dans l'enseignement des sciences.